ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1903 г. ТОМЪ 4 No. 3

Электролитическіе прерыватели

Д. А. Гольдгаммера[1]).

Если при электролизѣ какой-либо жидкости постепенно увеличивать силу тока, то наступаетъ моментъ, когда обычный электролизъ переходитъ въ т. н. аномальный: тотъ или другой электродъ, смотря по условіямъ опыта, начинаетъ свѣтиться, электролизъ идетъ съ шумомъ, между тѣмъ какъ сила тока, отмѣчаемая обыкновеннымъ амперметромъ, сильно падаетъ (иногда до 1/10 и менѣе той величины, какая была передъ началомъ явленія). Эта „аномалія" наблюдается тѣмъ легче, чѣмъ менѣе поверхность электродовъ; но первые изслѣдователи этого явленія встрѣтились съ нимъ лишь при употребленіи батарей, содержавшихъ очень много гальваническихъ элементовъ (100 и болѣе). Если оба электрода очень малой поверхности, то свѣченіе можетъ появиться какъ на одномъ, такъ и на другомъ электродѣ, переходя нерѣдко съ одного на другой; если же поверхность мала только у одного изъ электродовъ, то все явленіе сосредоточивается на послѣднемъ.

Такое „свѣченіе электродовъ" было описано впервые Круикшанкомъ (W. Cruicshank) въ 1801 году. Позднѣе оно обратило на себя вниманіе разныхъ изслѣдователей, но по преимуществу со стороны свѣтовыхъ эффектовъ. Первый фонъ деръ Виллигенъ

[1]) Экспериментальная часть этой статьи была напечатана въ Phys. ZS. 1901 г. № 38.

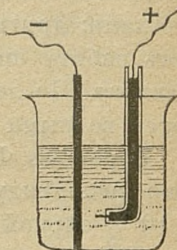
(v. d. Willigen) въ 1854 г. далъ вѣрное объясненіе явленія: не электродъ, а жидкость и газы (пары) около него сильно нагрѣваются. И дѣйствительно Р. А. Колли (1880) наблюдалъ свѣченіе на совершенно холодномъ электродѣ.

Что касается далѣе шума при аномальномъ электролизѣ, то непосредственная его причина была найдена Н. П. Слугиновымъ, долго работавшимъ надъ свѣченіемъ электродовъ (1878—1884); именно, шумъ обусловленъ тѣмъ обстоятельствомъ, что электрическій токъ не постояненъ, жидкость и газы не находятся въ покоѣ. Отъ нагрѣванія токомъ жидкость вокругъ электрода испаряется и тѣмъ прерываетъ токъ; пары въ видѣ пузырьковъ всплываютъ, и жидкость снова смыкаетъ токъ и т. д. Искры экстратоковъ и обусловливаютъ собою свѣченіе. Словомъ, мы имѣемъ здѣсь своего рода автоматическій прерыватель тока. И дѣйствительно, вводя въ цѣпь „электролизатора" примарную катушку индуктивной спирали, Н. П. Слугиновъ получалъ на концахъ секундарной катушки слабыя искры, физіологическое дѣйствіе, звучаніе телефона; тутъ же попутно было замѣчено, что увеличеніе самоиндукціи цѣпи понижаетъ „тонъ" прерывателя, т. е. уменьшаетъ число перерывовъ тока въ секунду, и наоборотъ.

Всѣ, кто занимались разбираемымъ явленіемъ, замѣтили, что если сила тока переходитъ извѣстный максимумъ, то шумъ прекращается и около электрода образуется газовая оболочка, почти совсѣмъ прерывающая токъ; жидкость при этомъ находится въ сфероидальномъ состояніи, электродъ же накаляется и плавится. Впрочемъ, и во время перерывовъ тока электродъ нѣсколько разрушается.

Въ 80-хъ годахъ прошлаго вѣка перемѣнные токи не играли еще той роли, какую они играютъ нынѣ; для питанія индуктивныхъ катушекъ пользовались тогда перерывами тока, доставляемыми т. н. молоточкомъ Вагнера (J. P. Wagner) или же прерывателями Депре (M. Deprez) и Фуко (L. Foucault). Поэтому понятно, что ни Н. П. Слугиновъ, ни позднѣйшіе авторы, интересовавшіеся явленіемъ шумнаго электролиза и подробно его изучавшіе, какъ Рихарцъ (F. Richarz, 1885—1888), Кохъ и Вюльнеръ (K. R. Koch & A. Wüllner, 1892) не остановились на мысли воспользоваться аномальнымъ электролизомъ для устройства настоящаго прерывателя. Эта идея была осуществлена лишь въ 1899 г. Венельтомъ (A. Wehnelt).

Въ растворъ какого-нибудь электролита погружается широкая металлическая пластинка въ качествѣ одного электрода и небольшой конецъ проволоки—въ качествѣ другого (фиг. 1); для этого проволоку задѣлываютъ или въ стекло, или въ иной изоляторъ (фарфоръ и т. п.). Если проволока служитъ *катодомъ*, то при достаточной силѣ тока появляется свѣченіе около катода и перерывы тока; но при этомъ катодъ быстро разрушается, даже если онъ изъ платины (жидкость—водный растворъ сѣрной кислоты). Иначе обстоитъ дѣло, если проволока служитъ *анодомъ* и *цѣпь имѣетъ достаточную самоиндукцію*: анодъ не разрушается (почти), перерывы тока устойчивы и правильны и могутъ быть очень часты (при малой поверхности анода и большой электродвижущей силѣ, т. е. большой *плотности тока* на анодѣ); самъ токъ при этомъ силенъ и можетъ быть примѣненъ для питанія первичной спирали индуктора. Тогда вторичная спираль даетъ чрезвычайно сильные индуктивные токи, такъ что обычная жидкая и сравнительно холодная искра превращается въ настоящее пламя—вольтову дугу, зажигающую дерево и плавящую металлы.



Фиг. 1.

Увеличеніе самоиндукціи цѣпи ceteris paribus понижаетъ тонъ, издаваемый прерывателемъ, и ослабляетъ *средній* токъ, такъ что наконецъ можетъ наступить обычный электролизъ. Наоборотъ, уменьшеніе самоиндукціи влечетъ за собой усиленіе тока, но лишь до извѣстнаго предѣла, за которымъ наступаетъ сфероидальное состояніе жидкости и анодъ накаляется, а токъ почти прерывается (Stromumschlag нѣмецкихъ авторовъ). Этимъ устанавливается предѣлъ повторяемости перерывовъ. Подобный же эффектъ можетъ быть полученъ, и не мѣняя самоиндукціи, а просто увеличивая электродвижущую силу цѣпи.

Смотря по размѣрамъ анода и концентраціи электролитической жидкости, перерывы тока начинаются при томъ или другомъ минимумѣ электродвижущей силы: 20, 30, 40 volt (Венельтъ), даже 10—12 volt, если анодъ представляетъ изъ себя всего нѣсколько миллиметровъ проволоки толщиною въ 0·02—0·03 mm. (Штарке, Starke).

Прерыватель Венельта можно питать прямо токомъ отъ городской электрической сѣти, вводя въ случаѣ подобности доба-

вочное сопротивленіе. Это — одно изъ удобствъ, представляемыхъ приборомъ.

Въ качествѣ жидкости разные авторы рекомендовали самые разнообразные электролиты; большой разницы въ дѣйствіи нѣтъ. Платиновый анодъ необходимъ, если надо пользоваться сильными токами; другіе металлы разрушаются слишкомъ быстро, дѣлая этимъ работу прерывателя неправильною. Металлъ катода безразличенъ. По легко понятнымъ соображеніямъ чаще всего пользуются водными растворами H_2SO_4 и свинцовыми катодами.

Впрочемъ Федерико и Бакчеи (R. Federico & P. Baccei) особенно рекомендуютъ смѣсь изъ 10 частей двухромокислаго кали, 10 ч. сѣрной кислоты и 100 ч. воды. Эта жидкость нагрѣвается меньше, чѣмъ обычные растворы сѣрной кислоты, остается болѣе покойною и даетъ болѣе частые перерывы тока. Съ теченіемъ времени жидкость чернѣетъ; тѣмъ не менѣе итальянскіе авторы находятъ, что даже и съ почернѣвшею жидкостью работать пріятнѣе, чѣмъ съ растворами сѣрной кислоты.

При сильныхъ токахъ жидкость прерывателя быстро нагрѣвается и при высокой температурѣ (60° Ц.) прерыватель работаетъ неправильно, даже вовсе перестаетъ прерывать токъ; поэтому прерыватели, предназначенные для продолжительнаго дѣйствія, обыкновенно снабжаются холодильниками[1]). Такъ въ одной изъ послѣднихъ выработанныхъ техникою моделей прерывателя Венельта жидкость и оба электрода находятся въ свинцовомъ сосудѣ, погружаемомъ въ потокъ холодной воды; электроды вводятъ сверху, чрезъ крышку. Анодъ заключенъ въ фарфоровую трубку, его изолирующую, такъ что въ жидкость выходитъ только небольшой конецъ платиновой проволоки; его длина регулируется винтомъ. Можно употреблять и нѣсколько анодовъ заразъ; число перерывовъ въ секунду все-таки остается вполнѣ опредѣленнымъ и постояннымъ.

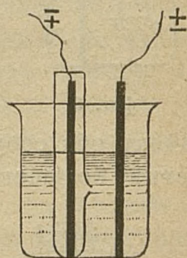
Но новый прерыватель представляетъ и неудобства, притомъ двоякаго рода: во-первыхъ необходимо заботиться о направленіи тока; во-вторыхъ прерыватель требуетъ наличности нѣкотораго минимума самоиндукціи; это вынуждаетъ включать въ цѣпь запасъ самоиндукціи. Поэтому понятно, что интересъ физиковъ былъ очень возбужденъ, когда Зимонъ (H. Th. Simon)

---

[1]) Карпантье (J. Carpentier) рекомендуетъ наоборотъ, поддерживать жидкость горячею (!).

построилъ прерыватель, у котораго перерывы тока совершаются *внутри* самой жидкости.

И это явленіе не ново. Уже Планте (Planté, 1879) наблюдалъ свѣченіе въ мѣстахъ разрыва струи электролита (растворъ поваренной соли), когда чрезъ струю шелъ токъ отъ 200 аккумуляторовъ; далѣе самъ Венельтъ замѣтилъ, что перерывы тока идутъ такъ же хорошо и тогда, когда анодъ заключенъ въ стеклянную трубку съ небольшимъ отверстіемъ (фиг. 2). Тогда разрывы тока и свѣченіе имѣютъ мѣсто какъ разъ въ этомъ отверстіи; размѣры анода могутъ быть и велики, и—что очень важно для дѣйствія прерывателя—направленіе тока безразлично. Точно также прерыватель работаетъ и безъ всякой добавочной самоиндукціи, не давая явленія Stromumschlag'a[1]). Правда, Венельтъ нашелъ, что стекло слишкомъ быстро разрушается (что́ и вѣрно), и отчасти поэтому предпочелъ первоначальную форму прерывателя новой.



фиг. 2.

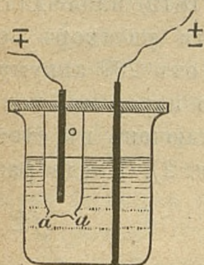
Между тѣмъ, почти одновременно на той же идеѣ остановились Зимонъ и Кольдвель (E. W. Caldwell). Зимонъ правильно заключилъ, что причиною разрыва тока въ прерывателѣ Венельта вовсе не электролизъ, а нагрѣваніе жидкости въ томъ мѣстѣ, гдѣ току приходится, такъ сказать, концентрироваться на маломъ сѣченіи проводника и гдѣ, стало быть, плотность тока становится достаточно велика. Если же такъ, то достаточно жидкость между двумя электродами перегородить слоемъ изолирующаго вещества, оставивъ въ слоѣ небольшое отверстіе—и перерывы тока будутъ происходить въ этомъ отверстіи.

Такъ и оказалось на самомъ дѣлѣ. Сначала Зимонъ пользовался стеклянными пробирками, снабженными на днѣ одной или нѣсколькими дырочками; въ пробирку вводился одинъ электродъ и она сама вмѣстѣ съ другимъ электродомъ погружалась въ сосудъ съ электролитомъ. Позднѣе Сименсъ и Гальске (Siemens & Halske)

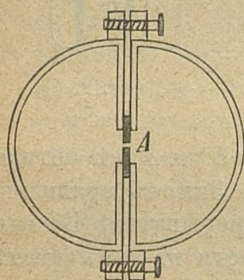
---

[1]) Это явленіе, повидимому, обусловливается слишкомъ большою плотностью тока въ мѣстѣ разрыва тока; самоиндукція здѣсь играетъ второстепенную роль. Съ прерывателемъ формы фиг. 2 труднѣе достичь предѣльной плотности тока. Впрочемъ явленіе аналогичное Stromumschlag'у можно наблюдать и здѣсь (см. ниже).

замѣнили пробирку фарфоровымъ сосудомъ аналогичной формы, который прикрѣпляется къ крышкѣ сосуда бо́льшихъ размѣровъ (фиг. 3). Оказалось, что жидкость насасывается во внутренній сосудъ и тѣмъ нарушается правильность работы прерывателя[1]). Поэтому Румеръ (E. Ruhmer) въ 1901 г. предложилъ строить прерыватель иначе, болѣе симметрично; онъ беретъ два фарфоровыхъ сосуда, имѣющихъ каждый форму полуцилиндра (фиг. 4); у каждаго изъ сосудовъ не высоко надъ дномъ въ плоской стѣнкѣ высверлено большое круглое отверстіе; при помощи мягкихъ прокладокъ оба сосуда свинчиваются въ одинъ, а между ними, на уровнѣ большого отверстія, вкладывается тонкая фарфоровая пластинка съ маленькою дырочкою посрединѣ (*A*); въ каждый изъ сосудовъ вставляется свинцовый электродъ той или другой формы; удобно дать имъ форму трубокъ, свернутыхъ въ спирали, и по трубкамъ пустить токъ холодной воды.



фиг. 3.



фиг. 4.

Описанные сейчасъ прерыватели являются однимъ изъ приборовъ, необходимыхъ во всякомъ физическомъ кабинетѣ и лабораторіи; они замѣчательны своей простотою и вѣрностью дѣйствія, сравнительно со старыми прерывателями; они незамѣнимы, если нужно очень большое число прерывовъ. Эти прерыватели примѣнимы ко всякимъ индукторамъ, какъ большимъ, такъ и малымъ; дѣйствіе послѣднихъ они значительно усиливаютъ.

Большая повторяемость прерывовъ особенно важна для многихъ опытовъ съ лучами Рёнтгена (W. C. Röntgen); поэтому главнымъ образомъ въ этой области новые прерыватели получили большое распространеніе. Но они столь же хороши и для другихъ цѣлей, напр. для опытовъ съ токами Теслы (N. Tesla), для опытовъ Э. Томсона (Elihu Thomson), для опытовъ съ электриче-

---

[1]) Чтобы жидкость не наполнила весь фарфоровый сосудъ, вверху послѣдняго имѣется спеціальное отверстіе (см. фиг. 3), чрезъ которое жидкость можетъ вытекать.

скими волнами и т. п. Прерыватели съ дырочкою во всѣхъ случаяхъ предпочтительнѣе венельтовскаго; правда ихъ упрекали въ томъ, что у нихъ слишкомъ большое сопротивленіе; это обстоятельство не имѣетъ большого значенія, когда есть возможность имѣть напряженіе въ 100, 200 и болѣе вольтъ.

Но предложенныя формы прерывателей во-первыхъ сложны (особенно румеровская) и во-вторыхъ дороги[1]). Поэтому желательно имѣть модель и болѣе простую, и болѣе дешевую. Этимъ условіямъ удовлетворяетъ прерыватель съ дырочкою въ той формѣ, какую далъ ему въ 1899 г. авторъ вмѣстѣ съ И. И. Аристовымъ. Этотъ прерыватель легко всегда сдѣлать самому; онъ очень удобенъ для всѣхъ лабораторныхъ цѣлей и цѣна его ничтожна. Въ качествѣ перегородки мы беремъ обыкновенные фарфоровые стаканы (для чаю) крупнаго размѣра (10 cm. высоты и 10 cm. діаметра), которые и просверливаемъ въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ; чѣмъ тоньше стѣнки, тѣмъ лучше; наши стаканы довольно толстостѣнные; поэтому приходится первоначально высверливать въ стѣнкѣ полусферическое углубленіе, а затѣмъ уже дѣлать дырочку въ самомъ тонкомъ мѣстѣ[2]).

Сверленіе легко выполняется на станкѣ или просто отъ руки при помощи сильно смоченнаго водою карборундума; сверло надо брать мѣдное, закругленное на концѣ. Очень малыя дырочка пробиваются: предварительно стѣнку стакана утончаютъ насколько возможно, затѣмъ ставятъ на самое тонкое мѣсто иглу, по которой и ударяютъ слегка молоткомъ. Такимъ путемъ легко получить отверстія отъ 0·2 до 4 mm. и болѣе діаметромъ; края отверстія бываютъ у нихъ всего въ нѣсколько десятыхъ миллиметра толщиною.

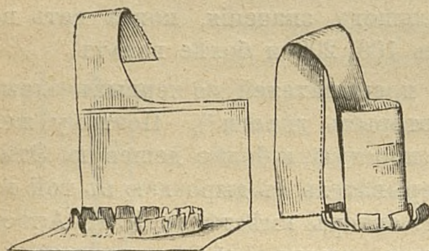
Фарфоровый стаканъ помѣщается въ болѣе объемистый стеклянный, и оба наполняются электролитомъ. Электроды мы беремъ свинцовые, выгибая и разрѣзая ихъ такъ, чтобы внѣшній служилъ держалкою для фарфороваго стакана (безъ этого фарфоро-

---

[1]) Прерыватель Венельта съ приспособленіемъ для охлажденія стоитъ около 60 руб. Малая модель прерывателя Румера стоитъ (съ приспособленіемъ для охлажденія) 45 руб., большая модель—60 руб. (Цѣны нѣмецкихъ каталоговъ).

[2]) *Очень тонкостѣнные* стаканы круглой и четыреугольной формы изъ очень мелкозернистаго и *твердаго* фарфора можно получать изъ Берлинской фарфоровой мануфактуры (февраль 1903), гдѣ имѣются спеціально для этого заказанныя формы. Цѣна стакана 2—3 рубля. (Прим. въ корректурѣ).

вый стаканъ при работѣ прерывателя двигается), а внутренній самъ стоялъ бы крѣпко въ стаканѣ (фиг. 5)[1]). Если объемы жидкости въ обоихъ сосудахъ велики, и прерыватель долженъ работать не долго и не при очень большихъ токахъ, то жидкость нагрѣвается не особенно сильно; также и измѣненіе уровней жидкости въ обоихъ сосудахъ не играетъ тогда большой роли. Но при болѣе продолжительномъ употребленіи и при болѣе сильныхъ токахъ (10 amp. и выше) надо считаться съ обоими обстоятельствами.

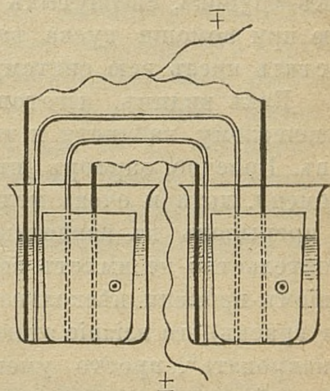

Фиг. 5.

Опыты обнаружили намъ, что причина измѣненія уровня жидкости лежитъ въ нарушеніи (въ чемъ бы то ни было) симметріи по обѣ стороны отверстія. Пузырекъ пара, разрывающій токъ, раздѣляется въ отверстіи на двѣ вообще неравныя части, которыя искрою экстратока выбрасываются изъ отверстія одна въ одну, другая въ другую сторону. Вслѣдствіе этого и происходитъ, смотря по обстоятельствамъ, насасываніе жидкости или въ наружный, или во внутренній сосудъ и соотвѣтственное измѣненіе уровня, могущее въ концѣ концовъ привести къ короткому замыканію тока, если жидкость станетъ сильною струею переливаться чрезъ край изъ одного сосуда въ другой. Чтобы устранить это измѣненіе уровней, мы беремъ *два* прерывателя и соединяемъ ихъ параллельно между собой на манеръ гальваническихъ элементовъ: этимъ достигается во-первыхъ возможность имѣть болѣе сильный токъ при большей массѣ жидкости, т. е. меньшее нагрѣваніе, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы мы имѣли одинъ прерыватель съ болѣе крупнымъ отверстіемъ; во-вторыхъ является возможнымъ поддерживать жидкость во всѣхъ сосудахъ на одномъ уровнѣ: именно надо двумя сифонами соединить соотвѣтственно: внутрен-

[1]) У большаго электрода полезно оставить часть зубцовъ не отогнутыми вверхъ, такъ чтобы фарфоровый стаканъ стоялъ *на свинцѣ*, а не прямо на днѣ наружнаго сосуда; это ослабляетъ шумъ, производимый прерывателемъ.

ній сосудъ перваго прерывателя со внѣшнимъ сосудомъ второго, и внутренній второго—со внѣшнимъ перваго.

При этомъ, понятно, слѣдуетъ и токъ пустить чрезъ оба прерывателя въ противоположныхъ направленіяхъ (фиг. 6), ибо иначе токъ пошелъ бы чрезъ сифоны, а не чрезъ отверстія въ фарфоровыхъ стаканахъ. Если сосуды достаточно высоки, то можно насверлить отверстій разнаго діаметра на разныхъ высотахъ: тогда легко мѣнять размѣры отверстій, а значитъ и число прерывовъ тока въ секунду, просто мѣняя уровень жидкости. Еще проще, насверливъ разныхъ дырочекъ, ненужныя изъ нихъ залѣпить мастикою.



фиг. 6.

Очень важно, чтобы отверстія имѣли возможно тонкіе края; иначе при сильныхъ токахъ легко случается закупорка канала образовавшимся въ немъ пузырькомъ пара, и токъ прекращается вовсе. Такъ при коническомъ отверстіи въ 2·5 mm. длины и при діаметрахъ основаній въ 1 mm. и 1·3 mm. прерыватель съ сѣрною кислотою наилучшей проводимости вовсе отказался работать, когда онъ былъ непосредственно соединенъ съ городскою электрическою сѣтью (150—170 volt.); токъ пошелъ и начались перерывы лишь послѣ того, какъ сила тока была уменьшена введеніемъ балластнаго сопротивленія (ламповаго реостата). Повидимому это явленіе аналогично тому, что́ называется явленіемъ Stromumschlag'а у прерывателя Венельта. Если края отверстій достаточно тонки, пузырекъ пара не застрѣваетъ

Когда дырочки чрезчуръ малы, приходится считаться еще съ однимъ обстоятельствомъ: въ жидкости образуется масса очень мелкихъ пузырьковъ газа, такъ что вся жидкость начинаетъ походить на пѣну. Тогда прерыватель работаетъ уже плохо, ибо пѣна не замыкаетъ, какъ слѣдуетъ, тока. Въ такихъ случаяхъ полезно имѣть два одинаковыхъ прерывателя, замѣняя время отъ времени одинъ другимъ; во время работы одного, другой успѣетъ „отдохнуть", т. е. пѣна исчезнетъ.

Такъ какъ прерыватель обыкновенно работаетъ съ брызгами, бурно, при чемъ выдѣляются непріятные пары SO_3, то лучше

всего въ оба сосуда наливать поверхъ жидкости тонкій слой какого-нибудь масла, напр. вазелиноваго.

Очень легко наконецъ снабдить нашъ прерыватель и холодильникомъ: для этого надо сдѣлать оба электрода изъ свинцовыхъ трубокъ, свернутыхъ въ спирали, соединить ихъ между собою при помощи куска каучуковой или стеклянной трубки и пустить чрезъ всю систему трубокъ токъ холодной воды.

Какъ видимъ, изготовленіе прерывателя доступно любому физическому кабинету и требуетъ совсѣмъ ничтожныхъ расходовъ. Конечно, фарфоръ (въ отверстіи) разрушается съ теченіемъ времени, хотя и очень медленно; для многихъ опытовъ, гдѣ число прерывовъ въ извѣстныхъ границахъ безразлично, это обстоятельство не имѣетъ значенія; наконецъ если дырочка съ теченіемъ времени нѣсколько и увеличится (вслѣдствіе разрушенія краевъ), то вліяніе этого обстоятельства можно отчасти „компенсировать", просто уменьшая крѣпость раствора H_2SO_4. Такимъ образомъ для многихъ цѣлей (напр. при работахъ съ X-лучами) прерыватель можетъ служить очень долго (годъ и болѣе), не требуя за собой никакого присмотра и будучи всегда готовъ къ работѣ.

Намъ остается сказать нѣсколько словъ еще о теоріи прибора. Какъ уже было сказано выше, причина разрыва тока лежитъ, очевидно, въ испареніи жидкости тамъ, гдѣ нагрѣваніе сконцентрировано на малое сѣченіе и гдѣ плотность тока велика. Откуда берется это нагрѣваніе? Конечно, прежде всего является мысль, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ джаулевскою теплотою: на этомъ допущеніи Зимонъ и построилъ свою теорію прерывателя, дающую зависимость періода колебанія тока отъ электродвижущей силы цѣпи и ея самоиндукціи. Дѣйствительно, для прерывателей съ дырочками другой причины нагрѣванія не имѣется. Иначе однако обстоитъ дѣло съ прерывателемъ Венельта; здѣсь, благодаря большой сравнительно поверхности анода (10 q. mm. и болѣе), нагрѣваніе по закону Джауля оказывается незначительнымъ для того, чтобы испареніемъ жидкости разорвать токъ. Это совсѣмъ недавно показалъ Клюпати (E. Klupathy).

Дѣйствительно, если T есть полный періодъ колебанія тока, то перерывъ послѣдняго совершается, очевидно, по истеченіи времени, меньшаго T; поэтому теплота, которая бы выдѣлилась за періодъ T, завѣдомо больше той, какая вызываетъ перерывъ тока.

Если теперь w есть сопротивленіе какого-либо проводника, а i_e *дѣятельная* сила (перемѣннаго) тока, то джаулевская теплота за періодъ T есть, какъ извѣстно, $i_e^2 Tw$.

Пусть для перерыва тока надо, чтобъ вокругъ анода поверхности q испарился слой жидкости толщиною δ cm. Тогда, очевидно, сопротивленіе этого слоя есть $w = k\delta/q$, гдѣ k удѣльное сопротивленіе жидкости; для десяти-процентнаго раствора сѣрной кислоты $k = 2{\cdot}6$ при 18° Ц. и съ нагрѣваніемъ жидкости *убываетъ*. Стало быть, ведя разсчетъ для 18° Ц., мы опять завѣдомо получаемъ слишкомъ много тепла. Итакъ на испареніе слоя токомъ доставляется количество тепла, завѣдомо *меньшее*, чѣмъ $i_e^2 Tk\delta/q$, что на 1 с. cm. слоя (его объемъ $q\delta$) даетъ въ механическихъ единицахъ меньше, чѣмъ

$$Q = \frac{i_e^2 Tk}{q^2} \text{joule}.$$

Но въ опытахъ напр. Зимона было $i_e = 9$ amp.; $T = 4.10^{-3}$ sec., $q = 16{\cdot}5$ □ mm.; это приводитъ насъ къ числу

$$Q = 31 \text{ joule},$$

т. е. всего около 7·5 gr.-cal., тогда какъ на обращеніе въ паръ 1 с. cm. жидкости при 18° Ц. нужно около 600 gr.-cal.!

Такимъ образомъ приходится искать источникъ для полученія нужнаго количества тепла въ другомъ мѣстѣ. Клюпати видитъ этотъ источникъ въ явленіи Пельтье (Peltier) на границѣ жидкости и металла. Дѣйствительно по опытамъ Гилля (J. Gill) теплота явленія Пельтье на границѣ платина—растворъ H_2SO_4 есть *на анодѣ* $+0{\cdot}084$ gr.-cal., *на катодѣ* $-0{\cdot}084$ gr.-cal. на 1 amp. въ 1 sec. Соотвѣтственно условіямъ опыта Зимона мы получаемъ отсюда для 9 amp. и 4.10^{-3} sec. нѣсколько менѣе, чѣмъ 3.10^{-3} gr.-cal. [1]) на слой объема $q\delta$. Значитъ на 1 с. cm. придется

$$Q' = \frac{3}{165.\delta};$$

поэтому если $Q' = 600$, то $\delta = 1/3300$ mm.—число, вполнѣ подходящее, какъ возможная толщина слоя пара, прерывающаго токъ.

Явленіе Пельтье на катодѣ вызываетъ *охлажденіе*, поэтому разница въ свойствахъ анода и катода зависитъ отъ двухъ об-

---

[1]) Сила тока, которую надо ввести въ разсчетъ, есть *средняя* сила (i_m); она *всегда менѣе* i_e.

стоятельствъ: на анодѣ имѣемъ нагрѣваніе отъ двухъ причинъ и выдѣленіе кислорода; на катодѣ охлажденіе пересиливаетъ нагрѣваніе (если катодъ малъ) и выдѣляется водородъ. Какъ побочный результатъ нагрѣванія и электролиза является выдѣленіе непріятно пахнущихъ паровъ SO_3 [1]).

Казань, университетъ, августъ 1902.

Матеріальность электричества

П. А. Зилова.

Въ сущность вещей намъ не дано проникнуть, и потому остается, какъ говоритъ Герцъ, „составлять внутренніе образы внѣшнихъ предметовъ и при томъ такъ, чтобы логически необходимыя слѣдствія этихъ образовъ были въ свою очередь образами естественно необходимыхъ слѣдствій изображенныхъ предметовъ. Чтобы это условіе удовлетворялось, должно существовать извѣстное соотвѣтствіе между природою и нашимъ духомъ". (H. Hertz, Ges. Werke III, S. 1). Какой же образъ составляемъ мы себѣ объ электричествѣ? Въ послѣднее время въ физикѣ вырабатывается представленіе, что *электричество есть вещество и при томъ атомнаго строенія.*

Гипотеза о матеріальности электричества не представляетъ чего-либо новаго; она была предложена болѣе ста лѣтъ тому назадъ подъ видомъ „невѣсомыхъ электрическихъ жидкостей". Въ прежнее время „невѣсомыя жидкости" (Fluida imponderabilia) господствовали въ физикѣ. Волнообразная теорія свѣта и механическая теоріи тепла вытѣснили изъ науки двѣ невѣсомыя жидкости: свѣтовую и тепловую (теплородъ); вслѣдствіе этого естественно возникло сомнѣніе и къ послѣднимъ изъ невѣсомыхъ жидкостей—къ электрическимъ; къ тому же гипотеза объ электрическихъ жидкостяхъ не была достаточно развита и не приносила той пользы, которая бы заставляла ее удерживать въ наукѣ или—при оставленіи—замѣнить ее другою болѣе развитою

---

[1]) Разборъ теоріи Зимона и Клюпати и поправки къ нимъ сдѣланы мною въ Ann. d. Phys. 9 p. 1070, 1902 и въ Изв. Физ. Мат. О—ва при Казанскомъ У—тѣ, 1903. (Прим. въ корректурѣ).

и обработанною. Въ виду всего этого гипотеза электрическихъ жидкостей была просто брошена и ничѣмъ не замѣнялась: нѣкоторое время наука развивалась помимо всякаго представленія о сущности электричества. Но долго такъ продолжаться не могло: съ открытіемъ нѣкоторыхъ новыхъ явленій (катодныхъ лучей и др.) почувствовалась надобность въ выработкѣ опредѣленныхъ представленій и при этомъ оказалось всего удобнѣе вернуться къ старымъ идеямъ о матеріальности электричества, но теперь эти идеи были вполнѣ развиты: были отысканы основанія, позволяющія намъ считать электричество за матерію, были найдены указанія на строеніе этой матеріи.

Въ *Физическомъ Обозрѣніи* былъ помѣщенъ цѣлый рядъ статей, посвященныхъ этому новому направленію науки объ электричествѣ. На этотъ разъ я не прибавлю ничего новаго; напротивъ повторю, можетъ быть, уже сказанное; моя цѣль обратитъ вниманіе на то, что такая гипотеза вполнѣ позволительна, и указать на ея научныя основанія.

Если электричество есть матерія, то оно должно обладать тѣми существенными признаками, которые характеризуютъ матерію. Самый важный признакъ матеріи есть ея постоянство; мы не можемъ ни создать вещества, ни уничтожить его; вещество можетъ принимать разные виды: два тѣла могутъ соединяться въ новое тѣло, но масса его равна суммѣ массъ первыхъ двухъ; данное тѣло можетъ разложиться на свои составныя части, но сумма ихъ массъ равна массѣ перваго.

Электричества тоже нельзя ни создать, ни уничтожить; *законъ сохраненія электричества* былъ формулированъ Липманомъ; вотъ что онъ пишетъ въ своей книгѣ „Unités électriques absolues".

„Количество матеріи и количество энергіи не суть единственныя величины, которыя остаются неизмѣнными въ мірѣ; количество электричества обладаетъ тѣмъ же свойствомъ. Если какое-нибудь электрическое явленіе разсмотрѣть во всей его совокупности, то легко замѣтить, что распредѣленіе электричества можетъ измѣняться, но что сумма всѣхъ количествъ электричества никогда не измѣняется, т. е. если въ нѣкоторыхъ мѣстахъ электрическій зарядъ увеличивается, то въ другихъ мѣстахъ одновременно онъ настолько же уменьшается; такимъ образомъ *алгебраическая сумма всѣхъ одновременныхъ измѣненій всегда равна нулю* и потому сумма всѣхъ количествъ свободнаго электричества неизмѣнна. Этотъ законъ, который мы назовемъ *закономъ*

сохраненія электричества, распространяется на всѣ изученныя до сихъ поръ явленія; онъ вытекаетъ изъ старыхъ и элементарныхъ опытовъ.

„Явленія, доказывающія законъ сохраненія электричества, суть слѣдующія: распредѣленіе заряда между двумя проводниками и развитіе электричества треніемъ, наведеніемъ и дѣйствіемъ гальваническихъ элементовъ.

„Когда электрическій зарядъ раздѣляется между двумя тѣлами, измѣняется только распредѣленіе, но полный зарядъ остается постояннымъ. Доказательство этого мы находимъ прежде всего въ классическомъ опытѣ, которымъ Кулонъ обнаружилъ, что электрическое взаимодѣйствіе пропорціонально заряду. Кулонъ измѣрялъ отталкиваніе, производимое неподвижнымъ шарикомъ его крутильныхъ вѣсовъ; къ этому неподвижному шарику онъ прикасался другимъ такихъ же размѣровъ ненаэлектризованнымъ и изолированнымъ шарикомъ, при чемъ находилъ, что послѣ раздѣленія электрическое отталкиваніе было вдвое меньше, чѣмъ до раздѣленія. Этотъ опытъ можно истолковать такъ. Опредѣляя электрическіе заряды производимыми ими отталкиваніями, нашъ опытъ доказываетъ, что зарядъ шарика уменьшился вдвое, и такъ какъ вслѣдствіе симметріи оба шарика принимаютъ одинакіе заряды, то отсюда слѣдуетъ, что зарядъ неподвижнаго шарика вдвое меньше прежняго его заряда и что въ данномъ опытѣ зарядъ лишь раздѣлился. Насколько зарядъ одного тѣла увеличился, настолько зарядъ другого тѣла уменьшился; алгебраическая сумма всѣхъ измѣненій зарядовъ равна нулю.

„Извѣстно, что при электризаціи треніемъ, давленіемъ, кливажемъ, два тѣла, принимающихъ въ этихъ дѣйствіяхъ участіе, оказываются заряженными, и ихъ заряды равны и противоположныхъ знаковъ; алгебраическая сумма этихъ зарядовъ равна нулю.

„При наведеніи имѣетъ мѣсто то же, что и при треніи. Фарадей доказалъ, что алгебраическая сумма электрическихъ зарядовъ, развивающихся при наведеніи, всегда равна нулю.

„Наконецъ полюсы разомкнутаго элемента даютъ количества электричествъ всегда равныя и противоположныхъ знаковъ; эти электричества непрерывно нейтрализуются, когда цѣпь замкнута.

„Итакъ, каковъ бы ни былъ электрическій процессъ, алгебраическая сумма всѣхъ одновременныхъ измѣненій электрическихъ зарядовъ всегда равна нулю".

Такимъ образомъ законъ сохраненія электричества становится рядомъ съ закономъ сохраненія матеріи. Не тождественны-ли эти два закона и не слѣдуетъ-ли отсюда заключить о матеріальности электричества? Современная наука принимаетъ матеріальность электричества, и всѣ выводы отсюда вполнѣ оправдываются опытомъ.

Если примемъ матеріальность электричества, то возникаетъ вопросъ о его строеніи: непрерывно-ли это вещество или же оно состоитъ изъ атомовъ? Данныя для рѣшенія этого вопроса мы находимъ въ электролитическомъ законѣ Фарадея.

Предварительно замѣтимъ, что въ электролитическомъ растворѣ частицы раствореннаго вещества диссоціированы на іоны: такъ растворъ поваренной соли содержитъ катіоны натрія и аніоны хлора, заряженные первые положительно, а вторые—отрицательно. Эти іоны постоянно движутся въ растворѣ. При погруженіи въ растворъ электродовъ, между ними устанавливается электрическое поле, которое направляетъ катіоны къ катоду, а аніоны къ аноду. Такимъ образомъ въ электролитѣ идетъ токъ конвективный: *электричества переносятся матеріальными частицами.* Если такъ, то явленіе электролиза доказываетъ намъ, что *матерія можетъ вступать въ соединеніе съ электричествомъ.* Количественные законы этихъ соединеній вытекаютъ изъ электролитическаго закона Фарадея, который можно выразить такъ

$$m = C\frac{K}{p}e, \tag{1}$$

гдѣ m—масса выдѣленныхъ іоновъ, e—количество электричества, которое несутъ эти іоны или съ которымъ они соединены, K и p—молекулярный вѣсъ и атомность этихъ іоновъ и наконецъ C постоянное ($= 1/96600$). Такъ какъ $m/K = N$ есть число граммо-молекулъ іоновъ, участвующихъ въ данномъ переносѣ, то количество электричества, соединенное съ одною граммо-молекулою какого-нибудь вещества, может быть выражено такъ

$$\frac{e}{N} = \frac{p}{C}\ \text{coul.} \tag{2}$$

Если $p = 1, 2, 3,\ldots$ то $e/N = 1/C,\ 2/C,\ 3/C,\ldots$ coul., т. е. *съ одною граммо-молекулою какого-нибудь вещества можетъ быть соединено опредѣленное количество электричества, или вдвое большее, или втрое большее и т. д.* Такимъ образомъ соединенія электриче-

ства съ матеріею подчиняются тѣмъ же *законамъ постоянныхъ и кратныхъ отношеній*, которые установлены въ химіи для соединенія обыкновенныхъ веществъ; но установленіе закона постоянныхъ и кратныхъ отношеній въ химіи заставило признать атомное строеніе обыкновенной матеріи; при допущеніи непрерывнаго строенія матеріи эти законы совершенно непонятны; напротивъ того они вытекаютъ сами собою изъ гипотезы атомнаго строенія, показывая, что съ частицею вещества A соединяется одна частица вещества X, съ частицею вещества B соединяются двѣ частицы вещества X, съ частицею вещества C соединяются три частицы вещества X и т. д. Установленіе закона постоянныхъ и кратныхъ отношеній для соединеній электричества съ обыкновенными тѣлами *обязываетъ* насъ принять, что электричество тоже атомнаго строенія: съ частицею вещества A соединяется одинъ атомъ электричества, съ частицею вещества B соединяются два атома электричества и т. д.

Итакъ электричество состоитъ изъ атомовъ или, какъ ихъ теперь называютъ, *электроновъ*. Мы можемъ даже вычислить электрическую массу электрона. Изъ формулы (2) видно, что граммомолекула какого-нибудь одноатомнаго вещества соединена съ 96600 coul. электричества. Но—по закону Авогадро—граммо-молекула всякаго вещества содержитъ одно и то же число частицъ, именно (какъ это слѣдуетъ изъ кинетической теоріи газовъ) 8.10^{23}. Иначе говоря, на 8.10^{23} іоновъ одноатомнаго вещества приходится 96600 coul. электричества, а на одинъ іонъ $96600/8.10^{23}$ или $1{\cdot}2.10^{-19}$ coul. Вотъ электрическая масса электрона.

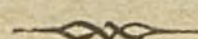
Такимъ образомъ мы приходимъ къ заключенію, что кромѣ извѣстныхъ уже химическихъ простыхъ тѣлъ существуютъ еще два простыхъ тѣла, образуемыхъ положительными и отрицательными электронами. Когда электроны соединяются съ химическими частицами (какъ это бываетъ въ случаѣ электролиза) или съ частичками меньшими атомовъ (какъ это бываетъ въ случаѣ катодныхъ и беккерелевскихъ лучей, въ случаѣ явленія Зеемана и т. д.), то получаются *іоны*.

Изложенная гипотеза электроновъ чрезвычайно просто объясняетъ цѣлый рядъ явленій; надо надѣяться, что съ развитіемъ она объяснитъ намъ всѣ электрическія явленія, и тогда эта область физики приметъ ту стройность, которой ей до сихъ поръ не доставало.

Варшава, 1903.

Электромагнитныя теоріи физическихъ явленій

Г. Лоренца[1]).



Желая въ этотъ часъ занять ваше благосклонное вниманіе нѣкоторыми задачами современной физики, я имѣлъ подъ руками большой выборъ. Многочисленны тѣ пути, по которымъ мы приближаемся къ ознакомленію съ явленіями природы; нѣкоторые изъ этихъ путей вполнѣ надежны и ведутъ прямо къ цѣли; другіе, извивающіеся около непреодолимыхъ препятствій, прокладываются лишь короткими участками. Каждый изслѣдователь выбираетъ путь по своимъ индивидуальнымъ наклонностямъ; одинъ предпочтетъ новыми открытіями расширять предѣлы нашихъ знаній, другой—обработывать и выравнивать уже завоеванную область.

Законъ сохраненія энергіи будетъ путеводителемъ для всѣхъ; отъ его указаній нельзя уклоняться. Тотъ, кто изучалъ физику во второй половинѣ 19-го столѣтія, настолько проникся этимъ принципомъ, что запечатлѣваетъ имъ каждое свое научное мышленіе. Теперь намъ кажется совершенно естественнымъ, что во всей вселенной или въ уединенной системѣ существуетъ нѣкоторая величина—запасъ работы или энергія, которая постоянно сохраняетъ одно и то же значеніе, хотя ея распредѣленіе между отдѣльными тѣлами и величина ея отдѣльныхъ частей могутъ непрерывно измѣняться въ зависимости отъ мѣста, движенія и состоянія тѣлъ. Мы вполнѣ свыклись съ мыслью, что энергія солнечныхъ лучей принимаетъ другія формы, когда—какъ выражаются образно—вода испаряется и переносится на вершины горъ, когда возникаетъ вѣтеръ или когда зеленыя части растеній переводятъ углеродъ изъ углекислоты атмосферы въ другія химиче-

[1]) Переводъ съ нѣмецкаго рѣчи, произнесенной по случаю 325-лѣтняго юбилея Лейденскаго университета. *H. A. Lorentz*, Elektromagnetische Theorien physikalischen Erscheinungen (Phys. ZS., Bd. 1).

скія соединенія. И если кто-нибудь, какъ это по временамъ случается, предложить проектъ устройства perpetuum mobile, то мы, не ознакомливаясь даже съ его сущностью, вполнѣ увѣрены, что это химера; мы сочтемъ своимъ долгомъ разрушить иллюзію изобрѣтателя, хотя бы и не могли ясно и убѣдительно обнаружить ошибку въ его разсужденіи; если бы мы вовсе не видѣли ошибки, то приписали бы это недостаточной прозорливости съ своей стороны; настолько мы пріучили себя общій принципъ— машина не можетъ совершать работы, если ей не приведена энергія извнѣ—ставить выше нашихъ свѣдѣній объ отдѣльныхъ дѣйствіяхъ силъ природы.

Второй общій законъ самымъ счастливымъ образомъ пополняетъ законъ сохраненія энергіи. Изслѣдованія, которыя доказали, невозможность perpetuum mobile, въ то же время показали, что природа скопила для насъ неизмѣримый запасъ энергіи—въ видѣ тепла воды, воздуха и почвы; мы можемъ составить нѣкоторое представленіе объ этомъ запасѣ, если вспомнимъ, что при охлаждніи на 0·1° Ц. вода теряетъ столько изъ этого запаса, какова энергія той же массы воды, когда она течетъ со скоростью 30 m./sec. Поэтому неудивительно, что возникалъ вопросъ, не можемъ-ли мы воспользоваться этими сокровищами, какъ пользуемся энергіею вѣтра или водопада. Законъ сохраненія энергіи этому не препятствуетъ; но такъ называемый „второй законъ термодинамики" ставитъ намъ тутъ предѣлъ. Онъ учитъ, что теплотою, какъ движущею силою, можно пользоваться лишь при вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ, когда напр. мы имѣемъ тѣла различныхъ температуръ, какъ котелъ и холодильникъ въ паровой машинѣ; тогда опредѣленная часть (и не большая) тепла можетъ быть заимствована изъ тѣла высшей температуры и употреблена на совершеніе механической работы.

Въ физикѣ нѣтъ другого закона, который бы отливался въ столь различныя формы и имѣлъ столь разнообразныя примѣненія, какъ этотъ термодинамическій законъ. Простѣйшая форма, которую ему далъ Клаузіусъ, состоитъ въ слѣдующемъ: „теплота не можетъ сама собою переходить изъ холоднаго тѣла въ теплое"; мы едва узнаемъ этотъ законъ въ сложныхъ математическихъ формулахъ, въ которыя его приходится облекать для извѣстныхъ цѣлей. Но въ томъ или въ другомъ видѣ онъ господствуетъ надъ обширнѣйшими областями теоретической физики; онъ даетъ возможность усмотрѣть условія, при которыхъ

одна форма энергіи можетъ быть переведена въ другую, онъ опредѣляетъ направленіе, по которому совершаются явленія природы; въ нарождающейся физической химіи этотъ законъ играетъ главную роль: онъ служитъ руководящею нитью въ лабиринтѣ запутанныхъ химическихъ равновѣсій.

Пользованіе столь общими положеніями имѣетъ и свои тѣневыя стороны. Такъ какъ законъ сохраненія энергіи и второй законъ термодинамики не зависятъ отъ внутренняго строенія тѣлъ или дѣлаютъ только самыя общія о томъ предположенія, то, пользуясь лишь этими принципами, мы узнаемъ весьма мало о механизмѣ явленія или вовсе ничего не узнаемъ. Конечно они приводятъ къ весьма цѣннымъ результатамъ, но по пути мало что́ показываютъ.

Зная, что при замерзаніи вода расширяется на 9%, и зная теплоту таянія льда, мы заключаемъ, что температура таянія льда понижается на 0·007° Ц. съ увеличеніемъ давленія на 1 atm. Это подтверждаетъ опытъ, и на этомъ мы основываемъ любопытныя заключенія о нѣкоторыхъ явленіяхъ, которыя въ малыхъ размѣрахъ наблюдаются въ лабораторіяхъ, а въ большихъ—на ледникахъ. Однако мы не вполнѣ удовлетворяемся увѣреніемъ, что все это такъ и должно быть, такъ какъ иначе—если бы температура таянія льда не понижалась или понижалась не на 0·007°—мы могли бы перевести теплоту изъ холоднаго тѣла въ нагрѣтое.

Удовлетворенія, котораго намъ не даютъ общіе законы, мы ищемъ и отчасти находимъ въ особыхъ частныхъ гипотезахъ о механизмѣ явленій; эти гипотезы даютъ намъ хотя и не полное, но все-таки живое и ясное представленіе о сущности вещей и ихъ взаимной связи; знакомя насъ съ тѣмъ, что уже найдено, онѣ помогаютъ намъ розыскать то, что еще скрыто отъ насъ, и часто ведутъ къ новымъ изслѣдованіямъ, даже къ новымъ открытіямъ. Теперь теплота не есть только названіе для какого то неизвѣстнаго дѣятеля или для нѣкотораго символа въ нашихъ формулахъ; произнося это слово, мы думаемъ о быстромъ неправильномъ движеніи невидимыхъ частицъ тѣла. Свойства газовъ являются слѣдствіемъ простѣйшихъ представленій, которыя мы можемъ сдѣлать о движеніи и о взаимодѣйствіи частицъ; для насъ ясно, какъ возникаетъ давленіе газа, почему газъ расширяется при нагрѣваніи, какъ происходитъ смѣшеніе двухъ газовъ, въ чемъ заключается треніе одного слоя газа о другой. Слѣдуя за Фанъ-деръ-Ваальсомъ, мы приписываемъ частицамъ нѣкото-

рую протяженность, а также способность взаимно притягиваться на небольшомъ разстояніи. Безпрерывно провѣряя гипотезу опытомъ, мы разработываемъ нашу картину все дальше и дальше, опредѣляемъ болѣе или менѣе точно размѣры атомовъ и частицъ, взвѣшиваемъ ихъ и измѣряемъ ихъ діаметръ.

Въ то время, какъ молекулярныя теоріи стремятся преодолѣть тѣ трудности, съ которыми имъ еще приходится бороться, мы узнаемъ отъ лорда Кельвина, что упругость и твердость частицъ можетъ обусловливаться ихъ быстрымъ движеніемъ на подобіе того, какъ колесо бицикла пріобрѣтаетъ устойчивость вслѣдствіе быстраго вращенія. Этотъ изслѣдователь идетъ дальше и развиваетъ смѣлую теорію вихревыхъ атомовъ: все пространство наполнено одною несжимаемою жидкостью; такъ называемые атомы суть не что иное, какъ части этой матеріи, которыя вслѣдствіе непрерывнаго вращательнаго движенія выдѣляются изъ окружающей жидкости. Осторожный Герцъ всю систему механики и объясненіе природы основываетъ на гипотезѣ, что видимыя движенія сопровождаются невидимыми, законъ которыхъ намъ неизвѣстенъ. Въ этой системѣ паденіе камня вызывается вихревыми движеніями, направляющими камень къ землѣ и существовавшими до начала его паденія; такимъ образомъ, если хотите, мы никогда не наблюдаемъ новаго движенія, а только продолженіе уже прежде существовавшаго.

Естествоиспытатель, конечно, долженъ быть насторожѣ въ такихъ теоріяхъ, чтобы не сдѣлаться игрушкою своей фантазіи, что́ непремѣнно случится, если онъ не предъявитъ этимъ теоріямъ достаточно строгихъ требованій. Онъ постоянно долженъ заботиться о томъ, чтобы его объясненія согласовались съ дѣйствительностью тѣхъ явленій, которыя онъ хочетъ объяснить; и только если рѣшительно не было бы другого выхода, онъ могъ бы отважиться на уклоненіе отъ тѣхъ общихъ положеній, которыя заключены въ законѣ сохраненія энергіи и въ правилахъ термодинамики. То, что на основаніи своей теоріи естествоиспытатель можетъ предсказать, онъ долженъ провѣрить опытомъ. Мы составляемъ, какъ говоритъ Герцъ, внутреннія образы (innere Scheinbilder) внѣшнихъ предметовъ и при томъ такъ, чтобы то, что по законамъ нашего мышленія вытекаетъ изъ этихъ образовъ, соотвѣтствовало бы тому, что совершается внѣ насъ по законамъ природы.

Такое правило вытекаетъ изъ внутренняго стремленія на-

шего духа, а увѣренность въ успѣхѣ основывается на удовлетворительности прежде составленныхъ теорій. Мы бы вовсе не могли составить тѣхъ образовъ, какихъ требуетъ Герцъ, если бы между нашимъ духомъ и природою не существовало родства, которое должно предохранить насъ и отъ полнаго заблужденія.

Между теоріями современной физики встрѣчается одна группа—ее можно назвать *электромагнитною теоріею физическихъ явленій*—которая, повидимому, столько обѣщаетъ въ ближайшемъ будущемъ, что я считаю необходимымъ обстоятельно поговорить объ ней.

Точкою отправленія здѣсь послужило современное представленіе о свѣтовыхъ явленіяхъ, которыми мы обязаны Максвеллю и Герцу (опытнымъ подтвержденіемъ), людямъ съ рѣдкими дарованіями, которыхъ наука лишилась слишкомъ рано.

Основныя представленія, которыми Максвелль пользовался при своемъ открытіи природы свѣтовыхъ колебаній, онъ нашелъ у своего великаго предшественника—Фарадея.

Подобно этому послѣднему, Максвелль въ дѣйствіи двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ или двухъ магнитовъ видѣлъ нѣчто другое, чѣмъ принимаемое прежними теоріями дальнодѣйствіе, совершенно не поддающееся болѣе широкому изслѣдованію. Онъ думалъ, что вещество, находящееся вокругъ взаимодѣйствующихъ тѣлъ, должно испытывать извѣстныя измѣненія; вслѣдствіе измѣненія своего естественнаго состоянія это вещество или среда становится источникомъ того дѣйствія, которое одно тѣло оказываетъ на другое. Этотъ процессъ долженъ быть аналогиченъ перемѣщенію одного тѣла другимъ, которое связано съ нимъ натянутою нитью, или переносу распространяемыхъ воздухомъ колебаній одного камертона на другой. Мы примемъ, что посредствующею средою при электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ служитъ эѳиръ, который не только распространенъ въ небесномъ пространствѣ между звѣздами, но наполняетъ промежутки между атомами обыкновенной или вѣсомой матеріи, даже, можетъ быть, пронизываетъ самые этомы.

Въ этомъ эѳирѣ могутъ происходить измѣненія двухъ родовъ. Вокругъ наэлектризованнаго тѣла эѳиръ находится въ такомъ состояніи, что на другое заряженное тѣло онъ дѣйствуетъ съ силою опредѣленной величины и опредѣленнаго направленія. Вблизи магнита развивается такое состояніе, которое дѣйствуетъ

на магнитный полюсъ съ силою опредѣленной величины и опредѣленнаго направленія. Перенося названія дѣйствій на соотвѣтствующія причины, эти состоянія можно обозначать—первое „электрическою силою", а второе „магнитною силою".

Иногда мы имѣемъ дѣло съ однимъ изъ этихъ состояній, когда напр. мы поддерживаемъ постояннымъ электрическій зарядъ тѣла или намагниченіе. Но во многихъ случаяхъ оба состоянія существуютъ одновременно, и тогда они находятся въ извѣстномъ соотношеніи, о которомъ можно заключать по наблюдаемымъ явленіямъ. Уравненія, которыми Максвелль выразилъ эти соотношенія, показываютъ, что возникновеніе или исчезновеніе, вообще измѣненіе электрической или магнитной силы въ какомъ-нибудь мѣстѣ эѳира ощущается повсюду въ окружающемъ пространствѣ, конечно, не вездѣ одновременно, но тѣмъ позже, чѣмъ дальше отъ начальной точки. Электромагнитныя возмущенія распространяются съ опредѣленною скоростью, которую можно найти изъ наблюденій надъ электрическими и магнитными явленіями; она оказывается равною 300 милліонамъ метровъ въ секунду.

Такъ если проводникъ, сначала заряженный съ одной стороны положительно, а съ другой отрицательно, внезапно разряжается, то отъ него распространяется по всѣмъ направленіямъ электромагнитная волна, на подобіе того, какъ на поверхности воды распространяется волна, вызванная брошеннымъ камнемъ. Если въ проводникѣ электричество перемѣщается взадъ и впередъ, то въ окружающемъ эѳирѣ возникаютъ электрическія и магнитныя колебанія, какъ и на поверхности воды можетъ распространяться рядъ волновыхъ возвышеній и углубленій. Въ каждой точкѣ пространства электрическая и магнитная силы, всегда перпендикулярныя къ направленію распространенія волнъ, періодически измѣняютъ свои величины.

Когда все это было открыто, бросилось въ глаза замѣчательное совпаденіе съ явленіями свѣта. Давно было извѣстно, что эти явленія сопровождаются распространеніемъ колебательнаго движенія, и что свѣтовыя колебанія перпендикулярны къ лучу; но особенно заслуживаетъ вниманія то, что скорость свѣта равна 300 милліонамъ метровъ въ секунду, т. е. такая же, какъ скорость распространенія электрической и магнитной силы.

Все это побудило Максвелля принять, что свѣтовой лучъ

есть не что иное, какъ послѣдовательность весьма часто, именно сотни билліоновъ разъ въ секунду, періодически мѣняющихъ свою величину электромагнитныхъ возмущеній.

Въ бóльшія частности я не буду здѣсь входить. Никто изъ физиковъ не сомнѣвается уже, что въ главныхъ своихъ основахъ теорія вѣрна. Кто бы могъ допустить, что два возмущенія распространяются въ одной средѣ съ одинакими скоростями, не имѣя никакого соотношенія между собою или не будучи тождественными?

Выводы, которые Максвелль сдѣлалъ изъ формулъ, были подтверждены Герцомъ опытами. Выработавши пріемъ для наблюденія быстрыхъ электрическихъ колебаній, ему посчастливилось доказать, что эти колебанія распространяются по обыкновеннымъ законамъ волнъ и со скоростью, которая—въ предѣлахъ возможныхъ ошибокъ—какъ разъ равна той, какую требуетъ теорія.

Электрическія волны отличаются отъ свѣтовыхъ лишь менѣе частою смѣною одного возмущенія прямо-противоположнымъ. При первыхъ опытахъ, которые сдѣлалъ Герцъ, число колебаній въ секунду было приблизительно 100 милліоновъ, а въ желтомъ лучѣ ихъ 500 билліоновъ. Съ этимъ связано различіе въ длинѣ волны; у Герца она была въ нѣсколько метровъ, а въ желтомъ лучѣ она не достигаетъ тысячной доли миллиметра. Герцевскія колебанія сравнимы съ волнами на поверхности воды, въ которыхъ гребни слѣдуютъ на большихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, а свѣтовыя колебанія—съ мелкою рябью, гребешки которой тѣснятся одинъ къ другому. Только одно это количественное различіе и существуетъ между обѣими волнами. И въ рëнтгеновскихъ лучахъ, по всей вѣроятности, мы имѣемъ дѣло съ электромагнитными возмущеніями. Гага и Виндъ нашли ихъ длину волны въ 1 или 2 десятимилліонныхъ миллиметра; о названіи X-лучей они не хотятъ и слышать.

Открытіе Герца вызвало цѣлый рядъ изслѣдованій. Они привели къ марконіевскому безпроволочному телеграфу, въ которомъ прерывистыя болѣе или менѣе продолжительныя электрическія колебанія, соотвѣтствующія черточкамъ и точкамъ морзевскаго алфавита, распространяются чрезъ воздухъ. Далѣе было доказано, что „лучи электрической силы", какъ ихъ называлъ Герцъ, слѣдуютъ законамъ свѣтовыхъ лучей не только при распространеніи чрезъ воздухъ, но при отраженіи, при преломленіи

и проч. Цилиндрическое вогнутое зеркало сводитъ ихъ въ фокусную линію, призма отклоняетъ ихъ отъ прямого пути.

Для избѣжанія необходимости работать съ громадными приборами надо было озаботиться полученіемъ волнъ короче нѣсколькихъ метровъ. Герцъ уменьшилъ размѣры своего вибратора, излучавшаго колебанія, и получилъ волны въ 2/3 m. длины; тогда оказалось возможнымъ такъ же наблюдать преломленіе электрическихъ лучей асфальтовою призмою (высотою все-таки въ метръ), какъ наблюдаютъ преломленіе свѣтящихъ лучей въ маленькой стеклянной призмѣ. Впослѣдствіи Риги добивался воспроизвести всѣ оптическіе опыты съ помощью электрическихъ колебаній; онъ дѣлалъ свои опыты съ волнами въ 20, 10 и даже 2·5 cm. длины. Лебедевъ пошелъ еще дальше и получилъ волны болѣе короткія, чѣмъ центиметръ.

Идеи Максвелля позволяютъ глубже проникнуть въ сущность вѣсомой матеріи. Отъ электромагнитной теоріи распространенія свѣта естественно перейти къ аналогичной теоріи лучеиспусканія и лучепоглощенія; при этомъ я разумѣю тѣ разнообразныя явленія, которыя наблюдаются, когда свѣтъ встрѣчаетъ какое нибудь вѣсомое тѣло: газъ или жидкость, кусокъ стекла, кристаллъ или фотографическую пластинку.

Въ опытахъ Герца вибраторами служатъ металлическія тѣла въ которыхъ происходятъ электрическіе токи то того, то другого направленія. При свѣченіи отдѣльныя частицы въ пламени, въ искрѣ или въ гейслеровской трубкѣ нужно конечно считать центрами лучеиспусканія; поэтому естественно каждую такую частицу, величина коей лежитъ далеко за предѣлами доступными микроскопическимъ наблюденіямъ, уподобить герцевскому вибратору простѣйшей конструкціи.

Электромагнитныя волны можно вызвать гораздо проще, чѣмъ при помощи электрическихъ колебаній въ металлическомъ стержнѣ. Для этого достаточно взять въ руку наэлектризованное тѣло и качать его взадъ и впередъ. Такое тѣло связано съ эѳиромъ; къ нему какъ бы прикрѣплены концы незримыхъ эѳирныхъ нитей, протянутыхъ во всѣ стороны; беря въ руки наэлектризованное тѣло, мы какъ бы захватываемъ концы всѣхъ этихъ нитей. Если въ теченіе секунды мы сдѣлаемъ рукою одно движеніе взадъ и впередъ, то въ нашихъ нитяхъ возникнутъ волны длиною въ 300 милліоновъ метровъ; если бы мы могли эти движенія совершать въ 100 милліоновъ разъ быстрѣе, то возникли бы

волны подобныя герцевскимъ; если бы маленькое наэлектризованное тѣло дѣлало сотни билліоновъ качаній въ секунду, то мы бы, конечно, вызвали свѣтъ.

Такимъ образомъ наша модель лучеиспусканія готова. Мы предположимъ, что въ частицахъ пламени находятся маленькія заряженныя частички, при чемъ въ каждой такой частичкѣ столько же положительнаго электричества сколько и отрицательнаго. Далѣе мы будемъ представлять себѣ, что въ каждой свѣтоиспускающей частицѣ по крайней мѣрѣ одна изъ этихъ частичекъ можетъ быстро колебаться, около своего положенія равновѣсія подъ дѣйствіемъ силъ, которыя стремятся вернуть ее въ положеніе равновѣсія. Въ заключеніе мы примемъ, что всякій разъ, когда тѣло свѣтитъ, заряженныя частички тѣмъ или другимъ способомъ приходятъ въ колебанія. Эти гипотетическія частички должны обладать всѣми свойствами наэлектризованныхъ тѣлъ; мы ихъ будемъ называть *іонами.* Нѣтъ надобности подробно вырабатывать представленіе объ этихъ іонахъ.

Мы встрѣчаемъ эти іоны во всѣхъ свѣтящихъ тѣлахъ; мы должны даже предположить ихъ присутствіе во всѣхъ вообще тѣлахъ; ибо нѣтъ тѣла, которое бы не излучало теплоты, даже если оно охлаждено до самыхъ крайнихъ достижимыхъ теперь температуръ; а мы знаемъ, что тепловые лучи тождественны со свѣтящими и отличаются изъ нихъ лишь длиною волны. Механизмъ лучеиспусканія долженъ быть одинаковъ въ обоихъ случахъ. Такимъ образомъ все окружающее насъ—я думаю не объ эѳирѣ, а о вѣсомой матеріи—наполнено іонами, которые вѣчно, не зная покоя, колеблются и посылаютъ одинъ другому лучи.

А какъ же уловляются колебанія? Для этого Герцъ употреблялъ второй металлическій проводникъ, проволоку, согнутую въ кругъ или прямоугольникъ. Электричество здѣсь приводилось въ колебанія волнами, испускаемыми вибраторомъ, совершенно подобно тому, какъ одинъ камертонъ приходитъ въ колебанія по созвучію съ другимъ; отсюда и названіе резонатора, которое Герцъ далъ своему прибору.

Въ нашей картинѣ свѣтовыхъ явленій, намъ нѣтъ надобности далеко искать резонаторовъ. Іоны, которые заключены въ частицахъ тѣла, приходятъ въ движеніе, когда на нихъ падаютъ лучи свѣта. Этими принужденными колебаніями, различными, смотря по силамъ, удерживающимъ іоны въ ихъ положеніяхъ равновѣсія, электромагнитная теорія объясняетъ вліяніе вѣсомой

матеріи на свѣтъ. Раздѣленіе цвѣтовъ въ спектрѣ она приписываетъ тому обстоятельству, что іоны въ призмѣ приводятся въ колебанія не одинаково всѣми сортами лучей, а удивительное явленіе двойного преломленія въ кристаллахъ она объясняетъ, какъ слѣдствіе не одинаковыхъ силъ, противящихся перемѣщеніямъ по различнымъ направленіямъ.

Если лучи проходятъ чрезъ вѣсомую матерію, то она своими іонами непремѣнно оказываетъ вліяніе на ихъ распространеніе. Даже малѣйшія измѣненія въ плотности воздуха достаточны для того, чтобы вызвать нѣкоторое отклоненіе лучей. Если воздухъ сильно сжатъ, то преломленіе значительно; поэтому-то слой сжатаго воздуха передъ летящимъ съ громадною скоростью снарядомъ фотографируется на чувствительной пластинкѣ въ видѣ тѣни.

Вопросъ—почему вліяніе на свѣтовое движеніе увеличивается по мѣрѣ накопленія частицъ—доступенъ математическому вычисленію и задача рѣшается удовлетворительно. Показатель преломленія водяныхъ паровъ можно вывести изъ показателя преломленія воды, а преломленіе смѣси двухъ жидкостей изъ преломленій смѣшанныхъ жидкостей. Согласіе вычисленныхъ величинъ съ наблюдаемыми доказываетъ вѣрность предположенія, что при перемѣнѣ состоянія тѣла или при смѣшеніи двухъ тѣлъ частицы сохраняютъ свою индивидуальность, и что каждая частица приходитъ въ колебанія, независимо отъ другихъ.

Атомы суть единицы иного порядка; изъ нихъ строятся частицы всѣхъ тѣлъ. Обнаружилось, что показатель преломленія химическаго соединенія, какъ и смѣси, можетъ быть вычисленъ изъ показателей преломленія составляющихъ тѣлъ. Здѣсь слѣд. не цѣлыя частицы, а отдѣльныя атомы дѣйствуютъ въ качествѣ резонаторовъ. Каждый атомъ, какъ бы малъ онъ ни былъ, долженъ заключать въ себѣ по крайней мѣрѣ одинъ подвижной іонъ, законы колебанія котораго всегда неизмѣнныя; такъ напр. колебанія въ атомѣ углерода одинаковы, входитъ-ли онъ въ составъ алкоголя, эфира или глицерина.

Конечно, очень важно имѣть опытное подтвержденіе изложенной теоріи. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ лабораторіи проф. Камерлингъ-Оннеса Зееманъ произвелъ опыты надъ натріевымъ пламенемъ, помѣщеннымъ между полюсами сильнаго электромагнита; отъ желтаго свѣта пламени образовали спектръ, въ которомъ извѣстная двойная линія соотвѣтствуетъ двумъ сор-

тамъ лучей, испускаемыхъ атомами натрія; періоды колебаній этихъ лучей лишь очень мало различаются, какъ будто въ каждомъ атомѣ дѣйствуютъ два вибратора нѣсколько различныхъ періодовъ.

Зееманъ, вооруженный новѣйшими средствами изслѣдованія, пытался напасть на слѣдъ того явленія, которое искалъ, хотя и безуспѣшно, еще Фарадей. Давно уже извѣстно, что магнитныя силы дѣйствуютъ на нѣкоторыя свѣтовыя явленія; не должны-ли эти силы влiять и на самый источникъ свѣта, измѣняя его лучеиспусканіе?

Зееманъ нашелъ, что подъ вліяніемъ магнитныхъ силъ на пламя натрія, линіи его спектра слегка расширяются. Электромагнитная теорія объяснила это явленіе и дала возможность предсказать всѣ подробности. По этой теоріи, когда около качающагося іона развивается магнитное поле, то на него дѣйствуетъ новая сила; выходя изъ простѣйшихъ гипотезъ, что внѣ магнитнаго поля отдѣльные іоны качаются по всѣмъ направленіямъ съ однимъ опредѣленнымъ періодомъ и потому даютъ одну спектральную линію, и пользуясь элементарною механикою, легко обнаружить вліяніе этой силы на колебанія іоновъ.

Между полюсами магнита іонъ можетъ совершать три колебанія нѣсколько различныхъ періодовъ; вмѣсто одного тона— да позволено будетъ употребить здѣсь это слово въ переносномъ смыслѣ—мы получаемъ три; каждая спектральная линія должна при этомъ замѣниться тройною линіею (triplet). Далѣе каждое изъ этихъ колебаній должно быть особымъ образомъ поляризовано.

Все это подтвердилось опытомъ. Правда, натріевыя линіи недостаточно тонки, чтобы магнитныя силы, которыя мы можемъ развить, произвели ихъ расщепленіе; но оказалось возможнымъ обнаружить то поляризаціонное состояніе края расширенныхъ линій, которое требуетъ теорія. Впослѣдствіи были найдены отчетливыя тройныя линіи сначала въ спектрѣ кадмія, а затѣмъ и во многихъ другихъ. Изслѣдованія, начатыя здѣсь въ Лейденѣ, Зееманъ продолжалъ съ тѣмъ же терпѣніемъ и искуствомъ въ Амстердамѣ. Фотографія позволила ему распространить свои наблюденія на невидимыя линіи въ ультрафіолетовой части спектра. Нѣсколько ученыхъ, обратившихъ свое вниманіе на открытіе Зеемана, соперничаютъ съ нимъ на этомъ новомъ и обширномъ полѣ изслѣдованія.

Оно обширно уже потому, что спектральныя линіи особенно въ ультрафіолетовой части очень многочисленны. Въ спектрѣ натрія болѣе 30 линій, въ спектрѣ кальція болѣе сотни, въ спектрѣ желѣза нѣсколько сотенъ; и нельзя успокоиться, пока мы не изслѣдуемъ вліянія магнитизма во всѣхъ этихъ линіяхъ. Уже и теперь обнаружилась съ какимъ богатствомъ явленій мы имѣемъ здѣсь дѣло. Тогда какъ нѣкоторыя линіи согласно теоріи распадаются на три, другія представляютъ болѣе сложное явленіе. Изъ двухъ желтыхъ линій натрія одна обращается въ тройную, а другая, какъ нашелъ Корню, распадается на четыре линіи.

Теперь найдено, что иногда линіи разлагаются на еще большее число составляющихъ. Слѣд. теорія, какъ бы она ни была хороша, далека еще отъ совершенства. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что представленіе о колебаніяхъ электрическихъ зарядовъ всего проще объясняетъ вліяніе магнитныхъ силъ и при помощи соотвѣтствующихъ предположеній приведетъ еще къ чему-нибудь иному, чѣмъ къ простой тройной линіи; но до сихъ поръ мы еще не умѣемъ сколько-нибудь удовлетворительно объяснить четверную линію.

Задача, представляющаяся здѣсь теоріи, должна быть разсмотрѣна еще съ другой стороны. Нельзя удовлетвориться объясненіемъ измѣненія одной спектральной линіи, какъ если бы другихъ линій тутъ и не было. Вѣроятно лучеиспускающій атомъ есть одно цѣлое, которое совершаетъ одновременно нѣсколько колебаній, соотвѣтствующихъ всѣмъ различнымъ линіямъ спектра подобно тому, какъ звучащее тѣло издаетъ извѣстное число тоновъ. Надо составить себѣ представленіе о строеніи этого цѣлаго и найти связь между его частями такъ, чтобы намъ ясно было почему издаются имъ одни тоны и не издаются другіе. Конечная цѣль должна заключаться въ построеніи механики колеблющихся атомовъ, обнимающей всѣ явленія лучеиспусканія.

Изслѣдуя спектры, физики Утрехтскаго университета собрали богатый матеріалъ для такой постройки; вмѣстѣ съ тѣмъ ростетъ число изслѣдователей, отъ которыхъ не ускользаетъ ни одна спектральная линія, какъ бы слаба ни была ея яркость, и которые находятъ мѣсто каждому колебанію, доходящему даже отъ отдаленныхъ небесныхъ тѣлъ; они не только непрерывно увеличиваютъ число химическихъ элементовъ и открыли на землѣ гипотетическій гелій солнца, но стараются найти правиль-

ность и порядокъ въ хаосѣ спектральныхъ линій. Оказывается, что во многихъ спектрахъ линіи распредѣлены по одной схемѣ, которая особенно ясно выступаетъ въ спектрѣ водорода; здѣсь линіи образуютъ своеобразный рядъ: разстоянія между ними убываютъ къ ультрафіолетовому концу; высшіе тоны тѣснятся другъ къ другу, какъ будто атомъ водорода не можетъ колебаться съ повторяемостью, которая больше извѣстнаго предѣла.

Совершенно подобные же ряды линій встрѣчаются и въ спектрахъ другихъ элементовъ. Спектры очень сходныхъ между собою элементовъ калія и натрія содержатъ три такихъ ряда двойныхъ линій. Въ спектрахъ магнія, цинка и кадмія, которые въ химическомъ отношеніи также очень близки между собою, имѣются по два ряда тройныхъ линій.

Хотя наши свѣдѣнія о спектрахъ многихъ другихъ элементовъ далеко не такъ подвинуты впередъ, но замѣчаемая въ нихъ правильность и большое сходство между спектрами нѣкоторыхъ элементовъ даютъ надежду, что существующія здѣсь соотношенія будутъ когда-нибудь открыты. Можетъ быть счастливая случайность приблизитъ насъ къ цѣли. Насколько можно судить теперь, всего больше надежды, что электромагнитная теорія разрѣшитъ и этотъ вопросъ.

Если это удастся, то электромагнитная теорія станетъ, хотя и скромною, но все-таки полезною союзницею химіи. Уже теперь результаты, полученные при изученіи спектровъ, находятся въ согласіи съ тѣми общими воззрѣніями, къ которымъ приводятъ насъ изслѣдованія атомныхъ вѣсовъ и ихъ соотношеній съ физическими и химическими свойствами тѣлъ. Если изъ найденныхъ при этомъ фактовъ и соотношеній можно что-нибудь вывести, такъ это то, что атомы нельзя представлять себѣ столь простыми, чтобы нельзя было въ нихъ различать частей. Они должны обладать структурою тѣмъ болѣе сложною, чѣмъ больше ихъ атомный вѣсъ. Отраженіемъ этого внутренняго строенія атомовъ служатъ спектры. Три ряда двойныхъ линій въ спектрахъ калія и натрія указываютъ на аналогичныя свойства атомовъ этихъ металловъ; сотни линій въ спектрѣ желѣза наводятъ на мысль, что его организація, если такъ можно выразиться, гораздо выше, чѣмъ водорода, калія и натрія.

Разсужденія, которыя я себѣ позволилъ представить вамъ, не претендуютъ на полноту; я не привелъ исторіи постепеннаго

развитія мысли о связи между электрическими и другими явлѐніями. Величайшіе изъ нашихъ мыслителей всегда сознавали и утверждали, что всѣ самыя разнообразныя явленія тѣсно связанны между собою и образуютъ одно цѣлое. Стоитъ только послушать, что говорилъ Берцеліусъ въ своемъ *Опытѣ теоріи химическихъ пропорцій и химическаго дѣйствія электричества* (1818 г.): „При теперешнемъ состояніи нашихъ знаній, вѣроятнѣйшее объясненіе горѣнія и происходящаго при этомъ огня, состоитъ въ томъ, что при всякомъ химическомъ соединеніи происходитъ нейтрализація противоположныхъ электричествъ и что при этомъ возникаетъ огонь совершенно также, какъ и при разрядахъ лейденской банки, вольтова столба и грозовыхъ тучъ".

Мысль очень смѣлая и мы едва можемъ понять, какъ рѣшился Берцеліусъ ее высказать; а между тѣмъ, можетъ быть, эту мысль надо принять буквально. Правда электрохимическая теорія, которую предлагалъ великій ученый, могла руководить развитіемъ химіи лишь нѣсколько десятковъ лѣтъ. Но когда она должна была очистить мѣсто другому воззрѣнію, то фарадеевское открытіе разложенія солей электрическимъ токомъ, дало не опровержимое доказательство самой тѣсной связи между электрическими и химическими силами, хотя въ нѣсколько иной формѣ, чѣмъ представлялъ это себѣ Берцеліусъ.

Въ растворахъ солей атомы, которые будутъ токомъ отдѣлены другъ отъ друга, наэлектризованы; такимъ образомъ существуетъ по крайней мѣрѣ извѣстная категорія тѣлъ, въ которыхъ химически соединенныя части суть носители положительныхъ и отрицательныхъ зарядовъ и при томътакъ, что каждому эквиваленту соотвѣтствуетъ зарядъ опредѣленной величины. Если это распространить на всѣ химическія соединенія—о чемъ высказалъ мысль Гельмгольцъ въ своей фарадеевской рѣчи (1881 г.), то мы будемъ недалеки отъ Берцеліуса. Впрочемъ, если не ошибаюсь, его идеи никогда не оставлялись. Словами „электроположительный" и „электроотрицательный" долго еще выражали мысль, что между взаимно седиченными элементами существуетъ извѣстная противоположность, а явленіе насыщенія, когда два атома, соединившись вмѣстѣ, не притягиваютъ къ себѣ третьяго съ удвоенною силою, а становятся индиферентными къ нему, наводитъ на мысль о какой-то нейтрализаціи противоположныхъ свойствъ. Можетъ быть, электрохимическая теорія въ измѣненной формѣ и въ сто разъ бо-

лѣе обоснованная вновь будетъ служить путеводною нитью въ химическихъ изысканіяхъ.

Между тѣмъ физики продолжаютъ дѣлать свои открытія въ мірѣ іоновъ. Они отваживаются разсуждать о соотношеніяхъ между большими іонами (фарадеевскими, состоящими изъ цѣлыхъ атомовъ или изъ группъ атомовъ) и малыми іонами (состоящими изъ частей атома), которыя участвуютъ въ явленіяхъ свѣта. Они полагаютъ, что эти іоны участвуютъ и въ явленіяхъ электрическаго разряда; они опредѣляютъ скорость, съ которою эти іоны летятъ въ катодныхъ лучахъ. И подобно тому, какъ теорія іоновъ приближаетъ насъ къ Берцеліусу, также точно она оживляетъ старыя идеи В. Вебера и ведетъ къ попыткамъ построенія механизма теплопроводности и электропроводности въ металлахъ и вліянія магнитныхъ силъ на эти явленія.

Не будетъ-ли электромагнитнаго происхожденія молекулярныя силы, дѣйствующія на чрезвычайно малыхъ разстояніяхъ, сила тяжести, заставляющая всѣ тѣла падать на землю, и наконецъ всемірное тяготѣніе, поддерживающее порядокъ въ планетной системѣ? Что касается первой изъ нихъ, то существуютъ факты, говорящіе въ пользу такого предположенія. Нѣкоторыя явленія, стоящія въ связи съ аберраціею свѣта, повидимому доказываютъ, что молекулярныя силы нѣсколько измѣняются, когда тѣло движется въ эѳирѣ, и измѣняются на величину, зависящую отъ отношенія скорости этого движенія къ скорости распространенія электромагнитнаго возмущенія. Вліяніе послѣдней скорости въ данномъ случаѣ можно себѣ объяснить только тѣмъ, что эѳиръ въ молекулярныхъ дѣйствіяхъ участвуетъ также, какъ въ электрическихъ и электромагнитныхъ явленіяхъ.

Касательно силы тяжести я ограничусь однимъ замѣчаніемъ. То обстоятельство, что въ пустотѣ всѣ тѣла падаютъ съ одинаковыми ускореніями, убѣждаетъ насъ въ единствѣ вѣсомой матеріи. Это единство можно понять только тогда, когда мы составимъ себѣ представленіе о сущности матеріи. Тутъ возможно одно изъ двухъ. Или положительныя и отрицательныя заряды, которыя электромагнитная теорія приписываетъ атомамъ, нѣчто несущественное, безъ чего легко можно представить себѣ матерію; тогда двѣ матеріальныя частицы взаимно притягиваются совершенно независимо отъ силъ, обусловливаемыхъ электрическими зарядами. Или же электрическіе заряды суть неотъем-

лимые атрибуты вѣсомаго вещества; въ такомъ случаѣ тяжесть не можетъ быть совершенно чуждою электромагнитнымъ силамъ.

Электромагнитное воззрѣніе всеобщаго тяготѣнія пока еще встрѣчаетъ большія трудности; насколько извѣстно всѣ электромагнитныя дѣйствія распространяются со скоростью свѣта; между тѣмъ астрономическія явленія учатъ насъ, что сила тяжести распространяется если и не мгновенно, то несравненно скорѣе свѣта.

Здѣсь, какъ въ многихъ другихъ случаяхъ, мы стоимъ предъ трудною и пока неразрѣшимою задачею. Едва-ли можно сомнѣваться, что послѣдующія поколѣнія, вооруженныя болѣе обширными знаніями и болѣе развитою способностью мышленія, чѣмъ какія были даны въ нашъ удѣлъ, подойдутъ ближе къ разгадкѣ, хотя и нельзя догадаться какой видъ примутъ тогда теоріи и что останется отъ тѣхъ гипотезъ, на которыхъ теперь успокаивается нашъ духъ.

Но не станемъ заглядывать въ туманное будущее; и въ настоящемъ каждому изъ насъ не мало дѣла!

Купроновые элементы

Ф. И. Ростовцева[1].

Въ качествѣ источника постояннаго и достаточно сильнаго тока хорошо пользоваться батареею изъ такъ называемыхъ купроновыхъ элементовъ (Cupron-Element), такъ какъ заряженіе такой батареи просто, а сохраняетъ она свой зарядъ весьма продолжительное время, превосходя въ этомъ отношеніи даже аккумуляторы.

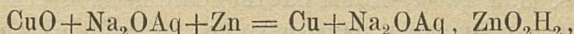
Въ стеклянный четыреугольный сосудъ съ отшлифованными краями опускаютъ двѣ цинковыя пластинки, а между ними помѣщаютъ особымъ образомъ приготовленную пористую пластинку изъ окиси мѣди; эти пластинки прикрѣплены къ эбонитовой

---

[1] Фирма Umbreit & Matthes (Leipzig-Plagowitz, Ziegelstr. 19) продаетъ купроновые элементы по цѣнѣ отъ 5 до 27 Mk., смотря по размѣрамъ.

крышкѣ сосуда и соединены металлически съ двумя клеммами, помѣщенными на той же крышкѣ. Въ сосудъ наливаютъ водный растворъ щелочи (ѣдкое кали или натръ 20—22 Bé), а чтобы предохранить его отъ дѣйствія воздуха, на растворъ наливаютъ толстый слой свѣтлаго вазелиноваго или парафиноваго масла.

Если цинкъ химически чистъ или хорошо амальгамированъ, то никакого дѣйствія между пластинками и жидкостью не замѣчается, пока клеммы не соединены между собою проводникомъ. Когда же послѣднія соединяютъ проводникомъ, то по немъ проходитъ электрическій токъ отъ мѣди къ цинку, и въ то же время внутри элемента происходитъ слѣдующая химическая реакція:



$$CuO+Na_2OAq+Zn = Cu+Na_2OAq\,,\ ZnO_2H_2\,,$$

т. е. окись мѣди раскисляется въ чистую мѣдь, цинкъ окисляется и образуетъ гидратъ окиси, растворяющійся въ щелочи, почему поверхность цинка и остается всегда чистою. Явленіе продолжается въ такомъ видѣ, пока или во 1) не раскислится вся окись мѣди, или во 2) щелочь не насытится гидратомъ окиси цинка, или же въ 3) не растворится весь цинкъ; все это время въ цѣпи будетъ итти постоянный и достаточно сильный токъ (электродвижущая сила = 0·85 volt). Въ случаѣ наступленія одного изъ указанныхъ здѣсь обстоятельствъ соотвѣтственная часть элемента должна быть возобновлена.

Раскисленіе мѣдной пластинки легко узнается по измѣненію ея цвѣта: она изъ черной переходитъ въ красную. Новое окисленіе ея совершается на счетъ кислорода воздуха, для чего тщательно обмытую водою пластинку достаточно помѣстить на нѣсколько дней въ сухое и теплое мѣсто. Если желаютъ окислить нѣсколько пластинокъ сразу, то осторожно отвинчиваютъ ихъ отъ крышки (ибо раскисленныя пластинки очень хрупки) обмываютъ, завертываютъ вмѣстѣ въ бумагу и помѣщаютъ въ сухое и теплое мѣсто. При 100—150° окисленіе совершается уже въ нѣсколько часовъ. Отъ употребленія элементовъ мѣдныя пластинки, вообще говоря, не изнашиваются, а потому—кромѣ окисленія ихъ время отъ времени—никакихъ операцій не требуется. Впрочемъ, вслѣдствіе долгаго ихъ стоянія въ щелочи, насыщенной гидратомъ окиси цинка, въ порахъ иногда образуется бѣлая масса окиси цинка, препятствующая окисленію; поэтому предъ окисленіемъ эту массу удаляютъ, погружая пластинки на нѣко-

торое время въ свѣжій растворъ щелочи, которымъ затѣмъ можно воспользоваться для элемента.

Растворъ щелочи, какъ указано выше, становится бездѣятельнымъ при своемъ насыщеніи гидратомъ окиси цинка; расходъ щелочи въ этомъ отношеніи можно считать (если она технически чиста) по 4—6 gr. на амперъ-часъ; объ исчезновеніи же ея можно судить по появленію кристалловъ на внутреннихъ стѣнкахъ сосуда. Растворъ этотъ, конечно, время отъ времени долженъ быть возобновляемъ.

Также долженъ быть время отъ времени возобновляемъ и цинкъ. Онъ расходуется въ количествѣ отъ 1·20 до 1·25 gr. на амперъ-часъ. Для того, чтобы раствореніе цинковыхъ пластинокъ въ элементѣ совершалось равномѣрнѣе, полезно къ раствору щелочи приливать одно-процентный растворъ сѣрноватистокислаго натрія.

По сравненію съ другими элементами купроновые элементы обладаютъ слѣдующими преимуществами: 1) они даютъ продолжительный токъ, 2) всякая поляризація въ нихъ исключена, 3) внутреннее сопротивленіе очень мало, 4) когда элементъ разомкнутъ его матеріалъ не расходуется, 5) растворъ элемента не имѣетъ запаха и 6) заряженіе элемента очень просто.

Электрическое нагрѣваніе

А. А. Трусевича.

Практическія примѣненія электричества основаны на способности электрической энергіи трансформироваться во всѣ другіе виды: въ механическую, химическую и тепловую. Хотя переходъ въ послѣднюю форму неизбѣжно сопровождаетъ всѣ случаи трансформаціи электрической энергіи, однако практическое примѣненіе превращенія электрической энергіи въ тепло является до сихъ поръ наименѣе разработаннымъ отдѣломъ электротехники. Настоящая замѣтка имѣетъ цѣлью указать на современное состояніе вопроса объ электрическомъ нагрѣваніи.

Предварительно замѣтимъ, что электрическое нагрѣванiе имѣетъ большiя преимущества передъ другими способами нагрѣванiя—дровами, углемъ, газомъ или спиртомъ. Оно исключаетъ всякую возможность чада или угара (при немъ не выдѣляется никакихъ газовъ), при немъ нѣтъ пепла, не можетъ быть пожара. Электрическое нагрѣванiе начинается моментально, когда въ немъ является надобность; оно также моментально прекращается, когда въ немъ минуетъ надобность.

Электрическое нагрѣванiе примѣняется къ цѣлому ряду потребностей домашняго обихода: къ устройству кострюль, кухонныхъ печей и плитъ, самоваровъ, къ отопленiю комнатъ и т. п.

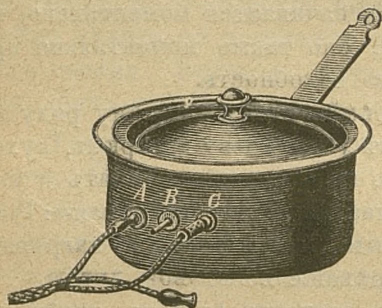
Существуетъ три способа электрическаго нагрѣванiя: 1) нагрѣванiе проводниками, по которымъ идетъ токъ, 2) нагрѣванiе калильными лампочками и 3) нагрѣванiе вольтовою дугою.

Первый изъ этихъ способовъ состоитъ въ томъ, чтобы данное тѣло окружить проводникомъ, который накаливаютъ токомъ. Сначала въ качествѣ такого проводника употребляли проволоку. Но проволока не можетъ плотно прилегать къ поверхности нагрѣваемаго тѣла (или прикасаться къ нему по значительной поверхности) и передавать ему всю свою теплоту, а вслѣдствiе нагрѣванiя и удлиненiя она, конечно, отстаетъ отъ тѣла; вслѣдствiе этого проволоку приходится поддерживать при болѣе высокой температурѣ, чѣмъ нагрѣваемое тѣло, и при этомъ легко можетъ случиться, что проволока расплавится.

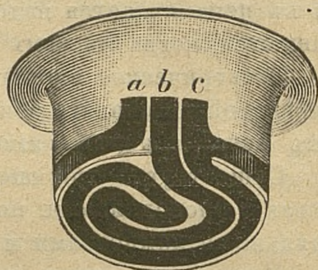
Гереусъ (Hereus) устраиваетъ лабораторныя электрическiя печи изъ фарфоровой трубки, которую обертываетъ по спирали лентою изъ тонкой платиновой фольги (0·007 mm. толщины); между оборотами ленты остаются промежутки въ 2—3 mm.; въ такой печи достигается температура въ 1500° и даже 1700° Ц.

Для нагрѣванiя кухонной посуды (кострюль, чайниковъ и т. п.) на внѣшней поверхности непроводящаго сосуда накладываются тонкiя (отъ 1/500 до 1/1000 mm.) полоски изъ золота или платины, которая на ней вжигается (какъ золотой рисунокъ на фарфоровой посудѣ); чрезъ такiя полоски пропускаютъ токъ. Этотъ сосудъ вставляютъ въ другой металлическiй сосудъ, предохраняющiй отъ поврежденiй полоски внутренняго. На фиг. 1 представленъ наружный видъ сосуда; на фиг. 2—внутреннiй сосудъ съ металлическими полосами на его днѣ. Сбоку наружнаго сосуда имѣются три борна *A*, *B* и *C*; къ этимъ борнамъ касаются концы *a*, *b* и *c* металлическихъ полосокъ внутренняго сосуда.

Соединяя борны съ проводниками городской сѣти, можно произвести слѣдующія четыре комбинаціи и пропускать токъ: 1) по обѣимъ полоскамъ, соединеннымъ параллельно (*A* и *B* съ +, *C* съ —), 2) по одной наружной полоскѣ (*A* съ + и *C* съ —), 3) по



фиг. 1.



фиг. 2.

одной внутренней полоскѣ (*B* съ + и *C* съ —) и 4) по обѣимъ полоскамъ, соединеннымъ послѣдовательно (*A* съ + и *B* съ —). При этомъ отъ одного тока получаются различныя степени нагрѣванія.

Еще удобнѣе пользоваться *нагрѣвательнымъ элементомъ*, который устраиваютъ слѣдующимъ образомъ: на пластинку слюды наносятъ (платинированіемъ въ огнѣ) двѣ полоски платины, расположенныя также, какъ это показано на фиг. 2; эта пластинка помѣщается между двумя другими слюдяными пластинками, которыя сжимаются между двумя жестяными бляшками. Платиновыя полоски соединяются съ городскою сѣтью, и токъ ихъ накаляетъ. Одинъ или нѣсколько нагрѣвательныхъ элементовъ помѣщается около дна сосуда, которое затѣмъ накрывается чехломъ; въ случаѣ порчи элемента снимаютъ чехолъ и вставляютъ новый элементъ.

Калильныя лампы употребляются дли нагрѣванія кухонныхъ шкафовъ и для устройства каминовъ. Лампы эти особой конструкціи: длинныя (250 mm.) и широкія (60 mm) онѣ имѣютъ толстый и длинный уголекъ, который нагрѣвается токомъ лишь до темно-краснаго цвѣта. Въ кухонномъ шкафѣ такія лампы располагаются по тремъ стѣнкамъ между рефлекторами и металлическою сѣткою. Такія же лампы употребляются для устройства каминовъ.

Для болѣе сильнаго отопленія комнатъ примѣняютъ дуговыя лампы; такъ Французское Общество устроило переносные калориферы съ дуговыми лампами, окруженными листовымъ желѣзомъ.

Во всѣхъ указанныхъ выше способахъ электрическаго нагрѣванія можно пользоваться безразлично постояннымъ или перемѣннымъ токомъ. Въ заключеніе укажемъ на одинъ способъ нагрѣванія перемѣннымъ токомъ. Желѣзный сосудъ обертываютъ изолированною толстою проволокою; при пропусканіи по этой проволокѣ перемѣннаго тока, сама проволока (вслѣдствіе малаго сопротивленія) не нагрѣвается, но въ стѣнкахъ окружаемаго ею сосуда непрерывно наводятся токи, которые его и нагрѣваютъ. Этотъ способъ примѣняется теперь къ нагрѣванію паровыхъ котловъ: трубки водотрубнаго парового котла обматываютъ проволокою и по ней пропускаютъ перемѣнный токъ.

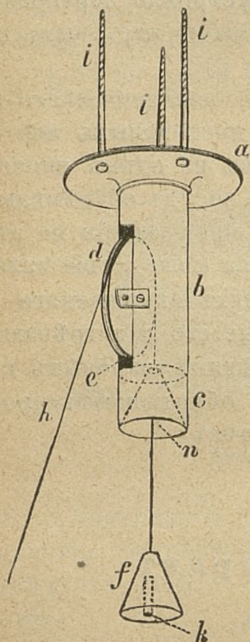
Подвѣсъ для приборовъ

Г. М. Григорьева.

При нѣкоторыхъ классныхъ демонстраціяхъ по механикѣ и физикѣ приходится иногда подвѣшивать на значительную высоту различные предметы: маятники, резиновыя трубки (для показанія стоячихъ волнъ), небольшіе электромагниты (для одновременнаго спуска различныхъ тѣлъ, при наблюденіи ихъ паденія въ воздухѣ) и пр. Налаживаніе подобныхъ опытовъ всегда требуетъ большой затраты времени. При помощи предлагаемаго мною подвѣса все это дѣлается тутъ же на урокѣ безъ всякихъ предварительныхъ приготовленій.

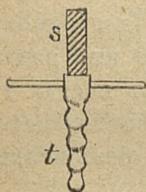
Этотъ подвѣсъ изображенъ на фиг. 1. Онъ состоитъ изъ чугуннаго диска *a*, въ который ввернута желѣзная трубка *b*; въ нижнюю часть трубки впаянъ стальной цилиндръ *c*; въ послѣднемъ высверленъ коническій каналъ *n*. По своей образующей трубка имѣетъ продольную вырѣзку *e*; въ этой вырѣзкѣ укрѣпленъ неподвижный блокъ *d*. При помощи веревки, перекинутой чрезъ блокъ, къ трубкѣ подтягивается стальной конусъ *f*, пришлифованный къ каналу *n*. Весь приборъ разъ навсегда привинчивается къ по-

толку винтами *i*. Свободный конецъ веревки укрѣпляется гдѣнибудь на стѣнѣ. По оси конуса *f* проходитъ цилиндрическій каналъ *k* съ винтовою нарѣзкою; сюда ввертываются различные крючки для подвѣшиванія тѣхъ или иныхъ предметовъ, стержни для надѣванія резиновыхъ трубокъ (фиг. 2) и пр. Для осуществленія бифилярнаго подвѣса мною сдѣлано приспособленіе, изображенное на фиг. 3. Стержень *ss* ввертывается въ конусъ *f*. По стержню ходятъ двѣ чайки, между которыми зажимается деревянная линейка *xx* съ крючками. Того же, конечно, можно достичь, прямо ввинчивая Т-образный желѣзный стержень въ конусъ *f*.

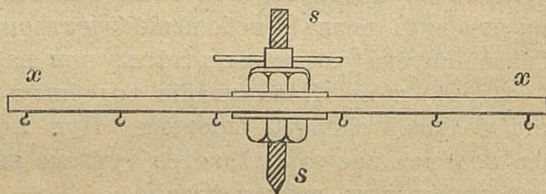


фиг. 1.

Для грубой установки бифиляра въ желаемой вертикальной плоскости, можно поступить такъ: привязать къ одному концу линейки *xx* тонкую нить; когда конусъ будетъ подтянутъ къ потолку, достаточно чуть-чуть ослабить веревку *h* и отклонить нить, чтобы сообщить конусу вращеніе. Еще одно замѣчаніе: при подвѣшиваніи очень значительныхъ грузовъ, конусъ *f* можетъ нѣсколько выпадать



фиг. 2.



фиг. 3.

изъ отверстія *n* вслѣдствіе растяженія веревки. Въ этихъ случаяхъ совѣтую не закрѣплять неподвижно свободный конецъ веревки, а, перекинувъ его чрезъ небольшой блокъ у стѣны, подвѣсить на него гирю болѣе тяжелую, чѣмъ поднятый грузъ. Въ этомъ случаѣ неподвижность конуса будетъ вполнѣ обезпечена.

Спб., Гимн. кн. Оболенской.

ОТКРЫТА ПОДПИСКА НА 1903 ГОДЪ НА ЖУРНАЛЪ

• НОВЫЙ МІРЪ •

Большой иллюстрированный вѣстникъ современной жизни, политики, литературы, науки, искусства и прикладныхъ знаній.

За богатство содержанія и художественное исполненіе иллюстрацій „Новому Міру" на международной выставкѣ періодическихъ изданій, бывшей въ Лондонѣ лѣтомъ 1902 года, присуждена высшая награда—Золотая медаль.

ЗА ЧЕТЫРНАДЦАТЬ РУБЛЕЙ

въ 1903 г. каждый подписчикъ „Новаго Міра" получитъ съ доставкой и пересылкой слѣдующія изданія:

24 №№ интереснаго богато-иллюстрированнаго литературно-художественнаго журнала „НОВЫЙ МІРЪ" въ форматѣ лучшихъ наибольшихъ европейскихъ иллюстрацій.

24 №№ иллюстр. двухнедѣльнаго обзора текущей жизни—политической, общественной, литературн. и художеств., п. н. „ВСЕМІРНАЯ ЛѢТОПИСЬ"—въ фотматѣ „Новаго Міра".

24 №№ особаго иллюстр. журнала прикладныхъ знаній и новѣйш. изобрѣт., п. н. „МОЗАИКА", съ хроникою самообразованія и справочнымъ отдѣломъ.

52 №№ еженедѣльн. журнала „ЖИВОПИСНАЯ РОССІЯ", иллюстр. вѣстника отчизновѣдѣнія, исторіи, культуры, государственной, общественной и экономической жизни Россіи.

52 №№ еженедѣльнаго обзора текущей русской жизни, п. н. „ВРЕМЕННИКЪ ЖИВОПИСНОЙ РОССІИ", представляющаго собою полную еженедѣльную газету.

12 №№ ежемѣсячнаго журнала романовъ, повѣстей, разсказовъ, историческихъ очерковъ и проч. для семейнаго чтенія, п. н. „ЛИТЕРАТУРНЫЕ ВЕЧЕРА", и

ВЕЛИКОЛѢПНЫЯ БЕЗПЛАТНЫЯ ПРЕМІИ*, состоящія изъ*

12 изящно переплетенныхъ книгъ **„БИБЛІОТЕКИ РУССКИХЪ и ИНОСТРАННЫХЪ ПИСАТЕЛЕЙ"**, въ составъ которыхъ войдутъ **12**

6 томовъ сочиненій **Д. И. СТАХѢЕВА** въ 6 переплетахъ, заключающіе въ себѣ, между прочимъ: 4 большіе романа, 3 большія повѣсти, нѣсколько разсказовъ и др. мелкихъ произведеній.

6 томовъ сочиненій **С. СМАЙЛЬСА** въ 6 переплетахъ, заключающіе въ себѣ слѣдующія произведенія: „Характеръ", „Бережливость", „Самодѣятельность", „Долгъ", „Жизнь и трудъ", и „Вѣчный труженикъ".

Кромѣ того, независимо отъ всѣхъ перечисленныхъ изданій и премій, гг. подписчики получатъ БЕЗПЛАТНО

ДВА ЦѢННЫЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫЯ ИЗДАНІЯ,

а именно:

1) ГРАФЪ Л. Н. ТОЛСТОЙ

въ изображеніяхъ живописцевъ, скульпторовъ и граверовъ, русскихъ и иностранныхъ, фотографическихъ портретахъ, снятыхъ въ разныхъ періодахъ его жизни, картинахъ, медаляхъ, рисункахъ, автографахъ, предметахъ, связанныхъ съ его именемъ и пр. и пр., хранящихся въ общественныхъ музеяхъ, библіотекахъ и

коллекціяхъ частныхъ собирателей, въ Россіи и заграницею, съ приложеніемъ мыслей и изреченій великаго писателя.

2) **РУССКІЙ МУЗЕЙ ИМПЕР. АЛЕКСАНДРА III**

Роскошное изданіе, содерж. свыше 120 картинъ, съ описательнымъ текстомъ Н. Корсакова.

Годовая подписная цѣна „Новаго Міра" на веленевой бумагѣ, со всѣми объявленными приложеніями и безплатными преміями, съ дост. и пер. въ Россіи **14 р.**

Съ пересылкой за границу—**24** р.

Гг. подписчики, желающіе получать „Новый Міръ" на слоновой бумагѣ, уплачиваютъ за годовое изданіе журнала, съ упомянутыми приложеніями, вмѣсто 14 р.—18 руб.; съ пересылкой за границу, вмѣсто 24 р.—28 руб.

Допускается разсрочка платежа: при подпискѣ не менѣе 2 р. и ежемѣсячно не менѣе 1 р., съ тѣмъ, чтобы вся подписная сумма была уплачена полностью не позже 10 декабря 1903 г.

Гг. подписчики, взамѣнъ сочиненій Д. И. Стахѣева и Самуила Смайльса, могутъ, по желанію, получить въ 1903 г. на выборъ одно изъ слѣдующихъ собраній сочиненій; или а) собраніе сочиненій И. И. Лажечникова въ 12 томахъ или б) собраніе сочиненій Архіепископа Иннокентія въ 12 томахъ, или в) собраніе сочиненій Генриха Гейне въ 12 томахъ, или-же г) собраніе сочиненій В. И. Даля (Казака Луганскаго) въ 10 томахъ. Каждое изъ этихъ собраній будетъ выслано въ изящно переплетенномъ видѣ.—Интересующіеся же сочиненіями Д. И. Стахѣева могутъ получить въ 1903 году все собраніе сочиненій этого писателя въ 12 изящно переплетенныхъ томахъ, причемъ лишніе шесть томовъ будутъ высланы взамѣнъ объявленныхъ шести томовъ сочиненій Смайльса.—О выборѣ премій просятъ гг. подписчиковъ заявлять при самой подпискѣ.

Подписка на „НОВЫЙ МІРЪ" принимается въ книжныхъ магазинахъ Товарищества М. О. Вольфъ: въ С.-Петербургѣ, Гостинный Дворъ, 18, и въ Москвѣ, Кузнецкій Мостъ, д. Джамгаровыхъ, а также во всѣхъ прочихъ столичныхъ и провинціальныхъ книжныхъ магазинахъ.

Адресъ редакціи: С.-Петербургъ, Вас. Остр., 16 лин., д. 5—7.

СБОРНИКЪ ТЕХНИЧЕСКИХЪ СТАТЕЙ

(второй годъ изданія).

Съ 1-го сентября 1902 года вступило во второй годъ своего существованія изданіе Экспедиціи Заготовленія Государственныхъ Бумагъ „Сборникъ Техническихъ Статей", состоящее главнымъ образомъ изъ переводныхъ статей, касающихся, какъ производствъ Экспедиціи (**бумажное дѣло, художественно-графическое дѣло, техника печати, механико-электрическій отдѣлъ**), такъ и вообще условій веденія фабричныхъ работъ. Кромѣ того, какъ въ прошломъ году, будутъ помѣщаться и самостоятельныя статьи техниковъ Экспедиціи, а также и художественныя приложенія не менѣе четырехъ разъ въ годъ.

Подписка принимается въ Правленіи Экспедиціи (Фонтанка, 144) и въ Магазинѣ ея (Невскій, 19).

Подписная цѣна на годъ съ доставкою для городскихъ подписчиковъ—3 р.; для иногородныхъ—3 р. 50 к. Цѣна отдѣльнаго номера—25 к. безъ пересылки и 30 к. съ пересылкою.

Пробный номеръ высылается безплатно.